Infraestruturas Urbanas

Manual do utilizador

Tradução e Adaptação: Top – Informática, Lda.

CYPE

IMPORTANTE: ESTE TEXTO REQUER A SUA ATENÇÃO E A SUA LEITURA
A informação contida neste documento é propriedade da CYPE Ingenieros, S.A. e nenhuma parte dela pode ser reproduzida ou transferida sob nenhum conceito, de nenhuma forma e por nenhum meio, quer seja electrónico ou mecânico, sem a prévia autorização escrita da CYPE Ingenieros, S.A.
Este documento e a informação nele contida são parte integrante da documentação que acompanha a Licença de Utilização dos programas informáticos da CYPE Ingenieros, S.A. e da qual são inseparáveis. Por conseguinte, está protegida pelas mesmas condições e deveres. Não esqueça que deverá ler, compreender e aceitar o Contrato de Licença de Utilização do software, do qual esta documentação é parte, antes de utilizar qualquer componente do produto. Se NÃO aceitar os termos do Contrato de Licença de Utilização, devolva imediatamente o software e todos os elementos que o acompanham ao local onde o adquiriu, para obter um reembolso total.
Este manual corresponde à versão do software denominada por CYPE Ingenieros, S.A. como Infraestruturas Urbanas. A informação contida neste documento descreve substancialmente as características e métodos de manuseamento do programa ou programas que acompanha. A informação contida neste documento pode ter sido modificada posteriormente à edição mecânica deste livro sem prévio aviso. O software que este documento acompanha pode ser submetido a modificações sem prévio aviso.
Para seu interesse, CYPE Ingenieros, S.A. dispõe de outros serviços, entre os quais se encontra o de Actualizações, que lhe permitirá adquirir as últimas versões do software e a documentação que o acompanha. Se tiver dúvidas relativamente a este texto ou ao Contrato de Licença de Utilização do software, ou se quiser contactar a CYPE Ingenieros, S.A., pode dirigir-se ao seu Distribuidor Autorizado ou ao Departamento Posventa da CYPE Ingenieros, S.A. na direcção:
Avda. Eusebio Sempere, 5 – 03003 Alicante (Spain)
Tel: +34 965 92 25 50 – Fax: +34 965 12 49 50 – http://www.cype.com

© CYPE Ingenieros, S.A.
1ª Edição (Novembro 2006)

Windows® é marca registada de Microsoft Corporation®

CYPE

Índice geral

Infraestruturas Urbanas 7

Generalidades..... 9

1. Ajudas no ecrã 9

1.1. Tecla F1..... 9

1.2. Ícone com o sinal de interrogação..... 9

1.3. Ícone em forma de livro..... 9

1.4. Guia rápido 9

2. Perguntas e respostas 9

1. Memórias de cálculo..... 11

1.1. De Abastecimento de água..... 11

1.1.1. Introdução..... 11

1.1.2. Dados prévios..... 11

1.1.2.1. Condições do fornecimento 11

1.1.2.1.1. Consumos 11

1.1.2.1.2. Consumos distribuídos (caudal de percurso) 12

1.1.2.1.3. Depósitos ou alimentação da rede..... 13

1.1.2.1.4. Velocidade nas condutas..... 13

1.1.2.1.5. Pressões nos pontos de abastecimento 14

1.1.2.2. Condutas..... 14

1.1.2.2.1. Materiais 14

1.1.2.2.2. Diâmetros 14

1.1.2.2.3. Consideração de elementos especiais..... 15

1.1.2.3. Escavações..... 17

1.1.2.3.1. Características do terreno..... 17

1.1.2.3.2. Medição..... 18

1.1.2.3.3. Limitações 18

1.1.3. Cálculo (Opção Calcular)..... 18

1.1.3.1. Formulação tubagens 18

1.1.3.2. Tubagens com consumos distribuídos 20

1.1.3.3. Formulação válvulas..... 20

1.1.3.4. Formulação bombas 21

1.1.3.5. Resolução do sistema malhado..... 22

1.1.3.6. Dimensionamento (Opção Dimensionar)..... 22

1.1.3.7. Unidades..... 23

1.2. De Saneamento 24

1.2.1. Introdução 24

1.2.2. Dados prévios 24

1.2.2.1. Condições de recolha 24

1.2.2.1.1. Caudais recolhidos pela rede..... 24

1.2.2.1.2. Caudais distribuídos 26

1.2.2.1.3. Infiltração..... 26

1.2.2.1.4. Ponto de descarga..... 26

1.2.2.1.5. Velocidade nos colectores..... 26

1.2.2.2. Colectores..... 27

1.2.2.2.1. Materiais 27

1.2.2.2.2. Geometria..... 29

1.2.2.2.3. Diâmetros 31

1.2.2.3. Escavações..... 31

1.2.2.3.1. Características do terreno 31
1.2.2.3.2. Medição 31
1.2.2.3.3. Limitações 32
1.2.3. Cálculo (Opção: Calcular) 32
1.2.3.1. Formulação 32
1.2.3.1.1. Fórmula de Prandtl-Colebrook 32
1.2.3.1.2. Formulação geral de Chesy 34
1.2.3.1.3. Fórmula de Manning-Strickler 34
1.2.3.1.4. Fórmula de Tadini 34
1.2.3.1.5. Fórmula de Bazin 34
1.2.3.1.6. Fórmula de Sonier 34
1.2.3.1.7. Fórmula de Kutter 34
1.2.3.1.8. Fórmula de Ganguillet-Kutter 35
1.2.3.2. Colectores com caudais afluentes distribuídos 35
1.2.3.3. Dimensionamento (Opção: Dimensionar) 35
1.2.3.4. Unidades 36
1.3. De Electricidade 36
1.3.1. Introdução 36
1.3.2. Dados prévios 37
1.3.2.1. Condições de abastecimento 37
1.3.2.1.1. Consumos 37
1.3.2.1.2. Consumos distribuídos 37
1.3.2.1.3. Alimentação da rede 37
1.3.2.1.4. Intensidade nos condutores 38
1.3.2.1.5. Tensão nos pontos de consumos 38
1.3.2.2. Cabos 38
1.3.2.2.1. Material condutor 38
1.3.2.2.2. Isolamento 38
1.3.2.2.3. Secções 38
1.3.2.2.4. Incremento de comprimento 39
1.3.3. Cálculo (Opção: Calcular) 39
1.3.3.1. Formulação 39
1.3.3.1.1. Cálculo eléctrico em regime permanente 39
1.3.3.1.2. Cálculo da corrente máxima de curto-circuito em tramos 40
1.3.3.1.3. Cálculo da corrente de curto-circuito mínima 40
1.3.3.1.4. Curto-circuito nos bornes do primário do transformador 41
1.3.3.1.5. Curto-circuito nos bornes do secundário do transformador 41
1.3.3.2. Instalações com consumos distribuídos 42
1.3.3.3. Resolução do sistema malhado 42
1.3.3.4. Dimensionamento (Opção: Dimensionar) 43
1.3.3.5. Unidades 43
1.4. De Gás 45
1.4.1. Introdução 45
1.4.2. Dados prévios 45
1.4.2.1. Condições do fornecimento 45
1.4.2.1.1. Consumos 45
1.4.2.1.2. Consumos distribuídos 46
1.4.2.1.3. Alimentação da rede 46
1.4.2.1.4. Velocidade nas condutas 46

1.4.2.1.5. Pressões nos pontos de abastecimento 46
1.4.2.2. Condutas 47
1.4.2.2.1. Materiais 47
1.4.2.2.2. Diâmetros 47
1.4.2.2.3. Consideração de elementos especiais 47
1.4.2.3. Escavações 47
1.4.2.3.1. Características do terreno 48
1.4.2.3.2. Medição 48
1.4.2.3.3. Limitações 48
1.4.3. Cálculo (Opção: Calcular) 48
1.4.3.1. Formulação 49
1.4.3.2. Condutas com consumos distribuídos 49
1.4.3.3. Resolução do sistema malhado 50
1.4.3.4. Dimensionamento (Opção: Dimensionar) 50
1.4.3.5. Unidades 51

2. Conceitos básicos 53

2.1. Listagens 54
2.2. Desenhos 54

3. Exemplos práticos 57

3.1. Abastecimento de Água 57
3.1.1. Dados gerais 59
3.1.1.1. Separador Geral 59
3.1.1.2. Separador Parâmetros 60
3.1.1.3. Separador Limites 60
3.1.1.4. Separador Coeficientes 60
3.1.1.5. Separador Escavações 60
3.1.2. Hipóteses 60
3.1.3. Combinações 61
3.1.4. Introdução da geometria 61
3.1.5. Edição de nós 63
3.1.6. Edição de tramos 64
3.1.7. Cálculo 65
3.2. Saneamento 66
3.2.1. Dados gerais 67
3.2.1.1. Separador Geral 67
3.2.1.2. Separador Parâmetros 68
3.2.1.3. Separador Limites 68
3.2.1.4. Separador Coeficientes 69
3.2.1.5. Separador Escavações 69
3.2.2. Hipóteses 69
3.2.3. Combinações 69
3.2.4. Introdução da geometria 69
3.2.5. Edição de nós 71
3.2.6. Edição de tramos 72
3.2.7. Cálculo 72
3.3. Electricidade 75
3.3.1. Dados gerais 77
3.3.1.1. Separador Geral 77
3.3.1.2. Separador Parâmetros 78
3.3.1.3. Separador Limites 78
3.3.1.4. Separador Coeficientes 78
3.3.1.5. Separador Escavações 79
3.3.2. Hipóteses 79
3.3.3. Combinações 79

3.3.4. Introdução da geometria 79
3.3.5. Edição de nós 81
3.3.6. Edição de tramos 82
3.3.7. Cálculo 82
3.4. Gás 83
3.4.1. Dados gerais 84
3.4.1.1. Separador Geral 84
3.4.1.2. Separador Parâmetros 86
3.4.1.3. Separador Limites 86
3.4.1.4. Separador Coeficientes 86
3.4.1.5. Separador Escavações 86
3.4.2. Hipóteses 86
3.4.3. Combinações 87
3.4.4. Introdução da geometria 87
3.4.5. Edição de nós 88
3.4.6. Edição de tramos 89
3.4.7. Cálculo 90

Infraestruturas Urbanas

Infraestruturas Urbanas *é um conjunto de programas que lhe oferece as ferramentas necessárias para resolver todos os aspectos relativos ao cálculo de infraestruturas para urbanizações. São programas desenhados de modo similar e equivalente, de forma que as opções e ferramentas gerais coincidem no seu modo de utilização. Desta maneira a aprendizagem de um dos programas servir-lhe-á para avançar no conhecimento dos restantes.*

Abastecimento de Água*, o programa desenvolvido para o cálculo, desenho, verificação e dimensionamento automático de redes de abastecimento de águas.*

Saneamento*, a ferramenta pensada para o cálculo, desenho, verificação e dimensionamento automático de redes de saneamento, cujo objectivo é evacuar as águas residuais desde os pontos de recolha até ao ponto de descarga.*

Electricidade*, a aplicação para o cálculo, desenho, verificação e dimensionamento automático de redes eléctricas, que dá a potência requerida em cada ponto de consumo. Permite redes malhadas, ramificadas ou mistas, em média e baixa tensão e em redes de iluminação pública.*

Gás*, o programa para o cálculo, desenho, verificação e dimensionamento automático de redes de gás, cujo objectivo é fazer chegar o gás a cada ponto de abastecimento.*

Generalidades

1. Ajudas no ecrã

Os programas de **CYPE Ingenieros** dispõem de ferramentas de ajuda no ecrã, através das quais o utilizador pode obter directamente do programa a informação necessária sobre o funcionamento dos menus dos diálogos e das suas opções.

Esta ajuda está disponível em quatro formas diferentes:

1.1. Tecla F1

A maneira de obter ajuda de uma opção é abrir o menu, colocar-se sobre a mesma e, sem chegar a executá-la, premir a tecla F1.

1.2. Ícone com o sinal de interrogação

Na barra de título da janela principal de cada programa existe um ícone com o sinal de interrogação . Pode obter ajuda específica de uma opção do programa da seguinte forma: faça clique sobre esse ícone; abra o menu que contém a opção cuja ajuda quer consultar; prima sobre a opção. E aparecerá uma janela com a informação solicitada. Esta informação é a mesma que se obtém com a tecla F1.

Pode desactivar a ajuda de três maneiras diferentes: prima o botão direito do rato, premindo o ícone com o sinal de interrogação, ou com a tecla **Esc**.

Também pode obter ajuda dos ícones da barra de ferramentas. Para isso prima sobre o ícone com o sinal de interrogação . Nesse momento os ícones que dispõem de informação ficarão com o bordo **azul**. A seguir, prima sobre o ícone do qual quer obter ajuda.

Na barra de título dos diálogos que se abrem ao executar algumas opções do programa existe também um ícone com o sinal de interrogação . Depois de premir sobre este ícone, as opções ou partes do diálogo que dispõem de ajuda ficarão com o bordo **azul**. Prima sobre aquela da qual deseja obter ajuda.

1.3. Ícone em forma de livro

Na barra de título de alguns quadros de diálogo, aparece um ícone em forma de livro aberto , que oferece informação geral do quadro de diálogo onde aparece.

1.4. Guia rápido

Pode-se consultar e imprimir a informação da tecla F1 com a opção **Ajuda > Guia rápido**. Alguns programas como **Cypelec** ou os incluídos em **Instalações de Edifícios** têm ecrãs diferentes seleccionáveis através de tarefas situadas na parte inferior de cada um dos programas.

As opções dos diálogos não estão reflectidas neste guia. visualizar

2. Perguntas e respostas

Na página web (http://www.cype.pt), poderá encontrar a resolução das consultas mais frequentes, em constante actualização, recebidas pela **Assistência Técnica CYPE**.

1. Memórias de cálculo

1.1. De Abastecimento de água

1.1.1. Introdução

O objectivo fundamental no dimensionamento de uma rede de distribuição é fazer chegar a água a cada ponto de abastecimento. O problema pode abordar-se de dois pontos de vista diferentes:

- **Dimensionamento**. Pode ser o caso mais habitual, no qual a partir de uma série de dados de consumo e topografia se deseja obter os diâmetros adequados das condutas de água.
- **Verificação**. A partir de uma rede já dimensionada, deseja-se conhecer se cumpre as limitações de projecto impostas ou consideradas pelo critério do técnico.

Quer se deseje dimensionar, quer verificar, é necessário ter em conta os seguintes aspectos:

- **As condições de chegada da água aos pontos de abastecimento**. É necessário respeitar uma série de condicionantes, como as pressões nos pontos de abastecimento ou a qualidade da água distribuída.
- **Facilidade de construção**. A utilização de materiais, diâmetros e outros elementos facilmente disponíveis no mercado, que se ajustem às normas tanto nas suas dimensões, como no seu comportamento.
- **Manutenção**. Conseguir um bom funcionamento da rede para evitar uma excessiva e custosa manutenção correctiva, facilitando a manutenção preventiva, é fundamental.
- **Economia**. Não serve apenas fazer com que a rede funcione. Esta deve comportar, além disso, um custo razoável, evitando quanto possível, sobredimensionar.

Uma vez recolhidos todos os dados necessários, efectua-se o cálculo em relação à formulação adequada em cada caso.

1.1.2. Dados prévios

1.1.2.1. Condições do fornecimento

São necessários vários dados para calcular uma rede. Estes dados são, definitivamente, os que marcarão o comportamento da mesma.

1.1.2.1.1. Consumos

Geralmente, esta é a principal condicionante no funcionamento da rede.

O caudal a fornecer em cada um dos nós da rede deve estimar-se em função do tipo de abastecimento (urbano, industrial, rural ...).

No caso de distribuição domiciliária, deve-se ajustar esse consumo dependendo do número de habitantes.

De forma orientadora, na tabela 1.1 apresentam-se as capitações a considerar na distribuição exclusivamente domiciliária.

Adicionalmente, deve-se ter em conta não apenas os habitantes actuais das zonas que se deseja urbanizar, mas também se deve realizar uma previsão de um possível crescimento da população que se teria de abastecer a partir da rede que se está a calcular.

De forma orientadora, pode-se calcular a população futura como:

$$P = P_a(1+\alpha)^t$$

sendo:

P: A população futura

P_a: População do último censo

α: Taxa de crescimento da população

t: Tempo decorrido desde o último censo

Capitação na distribuição domiciliária	
a) 80 l/habitante/dia	até 1000 habitantes
b) 100 l/habitante/dia	de 1000 a 10 000 habitantes
c) 125 l/habitante/dia	de 10 000 a 20 000 habitantes
d) 150 l/habitante/dia	de 20 000 a 50 000 habitantes
e) 175 l/habitante/dia	acima de 50 000 habitantes

Tabela 1.1

Por aparelhos instalados, o caudal é o que se mostra na tabela 1.2. Os valores dos consumos aqui apresentados são orientadores para a distribuição domiciliária, o Regulamento apresenta outros tipos de consumos, de acordo com o fim a que se destina a rede, apresenta ainda os caudais para combate a incêndios.

Os caudais calculados nos nós de abastecimento para a rede de água são posteriormente levados à rede de saneamento, na hipótese de águas residuais em redes unitárias de saneamento, ou como único caudal em redes separativas. Deve-se ter em conta que as redes de água potável devem-se instalar sempre por cima das redes de saneamento, para evitar contaminação da água potável em caso de ruptura ou fuga nas redes de saneamento.

Uma vez determinado o caudal de consumo em cada nó, é necessário introduzir uma consideração de picos de consumo.

Em alguns casos, pode ter interesse a utilização de um coeficiente que incremente ou reduza, de forma geral, os consumos de uma rede. Desta forma é possível simular funcionamentos sazonais ou com menores ocupações. Este coeficiente poderá aplicar-se apenas no momento de cálculo sobre os caudais a abastecer nos nós.

Caudais mínimos nos dispositivos de utilização Água fria ou quente	
Dispositivos de utilização para:	Caudais mínimos(l/s)
Lavatório individual	0.10
Lavatório colectivo (por bica)	0.05
Bidé	0.10
Banheira	0.25
Chuveiro individual	0.15
Pia de despejo com torneira de ∅ 15 mm	0.15
Autoclismo de bacia de retrete	0.10
Mictório com torneira individual	0.15
Pia lava-louça	0.20
Bebedouro	0.10
Máquina de lavar louça	0.15
Máquina ou tanque de lavar roupa	0.20
Bacia de retrete com fluxómetro	1.50
Mictório com fluxómetro	0.50
Boca de rega ou de lavagem de ∅ 15 mm	0.30
Idem de ∅ 20 mm	0.45
Máquinas industriais e outros aparelhos não especificados	Em conformidade com as indicações dos fabricantes

Tabela 1.2

1.1.2.1.2. Consumos distribuídos (caudal de percurso)

Em casos especiais, pode ser de grande utilidade no projecto simular os consumos da rede como distribuídos linearmente ao longo de um tramo de tubagem. Para isso, o caudal deve-se indicar por metro linear de conduta.

Isto dá um primeiro cálculo na resolução de redes com consumos similares distribuídos ao longo de um tramo de grande comprimento de tubagem. Nos resultados gráficos podem-se verificar a partir de que ponto, não se cumpre os requisitos estabelecidos para a obra, podendo dividir o tramo em dois com diâmetros mais adequados.

Para a resolução de casos como os de rega gota a gota, podem-se ajustar mais os resultados com esta opção, sem necessidade de introduzir nós de consumo.

1.1.2.1.3. Depósitos ou alimentação da rede

Uma rede de água recebe alimentação por um ou vários pontos. Tais pontos podem ser:

- **Depósitos**. Quando se encontram numa cota elevada, geram a altura piezométrica que move a água através das condutas. Considera-se a sua capacidade para produzir pressão como a altura piezométrica do mesmo, isto é, a sua cota mais o seu nível.
- **Alimentação de rede**. São os pontos de entrada procedentes da entidade fornecedora ou então de outras redes capazes de fornecer água à rede. Como os depósitos, são os pontos que geram o movimento de água na rede. A sua altura piezométrica é determinada pela sua cota mais a pressão que a entidade fornecedora assegurar em tal ponto.

A nível de cálculo, ambos os nós são do mesmo tipo, isto é, pontos com altura piezométrica fixa e igual à sua cota mais a pressão disponível (o nível no caso de depósitos; a pressão disponível, no caso de pontos de alimentação).

Deve-se consultar a entidade fornecedora sobre a pressão que é capaz de garantir em cada um dos pontos de alimentação da rede que se tiver planeado incluir no cálculo.

Com efeito, dois pontos de alimentação com pressões similares e alturas geométricas diferentes podem produzir circulações entre eles, devido à diferença de alturas piezométricas. Se não existir entre eles uma carga suficientemente grande para atenuar a diferença de alturas piezométricas, pode produzir-se um transvase de água de um para o outro.

Para evitar as circulações, pode-se tomar as seguintes medidas:

- Evitar quanto possível um grande número de nós de alimentação e, no caso de ser necessário colocar vários destes pontos, deverão estar o mais separado possível.
- Evitar grandes diferenças de altura piezométrica entre os nós de alimentação. Pode-se supor que a rede da entidade distribuidora é suficientemente extensa e está desenhada para proporcionar alturas similares em todos os pontos.
- Colocar válvulas anti-retorno que permitem a circulação apenas no sentido desejado.

> ▶ *Ao ser possível a introdução numa rede de vários pontos de alimentação, podem produzir-se circulações entre pontos de alimentação da rede.*
> *Se desejar fazer o cálculo com circulações de água entre depósitos ou pontos de alimentação, deve recordar que este tipo de comportamento pode falsear o dimensionamento das condutas.*

1.1.2.1.4. Velocidade nas condutas

Uma das principais limitações para dimensionar uma rede de condutas de água é a velocidade do fluido nas mesmas.

Deve-se utilizar como limite inferior de velocidade o valor regulamentar, pois abaixo deste valor têm lugar processos de sedimentação e estancamento.

A velocidade máxima não deve ultrapassar o valor regulamentar, para evitar fenómenos de arrasto e ruídos, assim como grandes perdas de carga.

1.1.2.1.5. Pressões nos pontos de abastecimento

Quando se desenha uma rede hidráulica de abastecimento de água potável, é necessário assegurar nos pontos de abastecimento uma pressão disponível mínima à qual se distribui a água.

Também pode limitar o dimensionamento, em alguns casos, o excesso de pressão, já que poderia provocar rupturas.

Existe definido um intervalo de pressões disponíveis nos nós de consumo, mesmo quando estes valores são determinados em grande medida pelas necessidades e tipo próprios de cada consumo, juntamente com um incremento nas fugas na rede e a necessidade de válvulas redutoras nos locais dos consumos que não podem suportar tão altas pressões.

1.1.2.2. Condutas

O funcionamento de uma rede de abastecimento de água depende em grande medida do tipo e tamanho das condutas utilizadas.

1.1.2.2.1. Materiais

Determinam a rugosidade superficial do tubo com a qual a água se vai encontrar. Uma maior rugosidade do material implica maiores perdas no tramo. Deve-se utilizar em milímetros.

Estes são os valores habituais, no projecto, da rugosidade absoluta:

Valores habituais de rugosidade absoluta	
PVC	0.0025 mm
Fibrocimento	0.0250 mm
Ferro fundido revestido	0.0300 mm
Ferro fundido não revestido	0.1500 mm
Ferro galvanizado	0.1500 mm
Betão armado	0.1000 mm
Betão liso	0.0250 mm

Tabela 1.3

1.1.2.2.2. Diâmetros

O tratamento dos materiais realiza-se através da utilização de bibliotecas, das quais se obtêm os materiais a utilizar. Cada um destes materiais ocasiona a sua característica de rugosidade absoluta juntamente com uma série de diâmetros. Estas bibliotecas são definíveis pelo utilizador, que pode modificar os coeficientes de rugosidade, assim como tirar ou acrescentar diâmetros à série.

Para cada material, existem séries pré-definidas de diâmetros normalizados. Estes têm, habitualmente, a anotação 'DN' juntamente com a dimensão aproximada do seu diâmetro em milímetros.

> ► *Um 'DNx' não significa que o diâmetro interior da conduta seja de x milímetros. Provavelmente é menor, mas deve-se consultar em qualquer caso. Os materiais pré-definidos procedentes das bibliotecas contemplam esta diferença e pode-se consultar directamente na própria biblioteca ou no momento de atribuir o diâmetro a cada tramo. Para os materiais criados ou editados, deve ser o próprio utilizador a designar o diâmetro interior da conduta.*

Diâmetros maiores proporcionam perdas de carga menores nas condutas e válvulas e diminuem a velocidade de circulação, mas encarecem o custo da rede, com o risco acrescentado de ter velocidades excessivamente baixas ou pressões demasiado altas nos nós.

1.1.2.2.3. Consideração de elementos especiais

Devido a necessidades construtivas ou de controle, as redes de abastecimento de água requerem a utilização de elementos especiais diferentes das tubagens, como válvulas (nas suas diferentes variantes), cotovelos, redutores.

No caso das válvulas, podem-se introduzir de vários tipos que, atendendo ao modo como realizam a sua função no sistema, podem classificar-se em:

- **Válvula de regulação**. É a que origina perdas de carga na rede para as suas posições intermédias, com o objectivo de variar desta maneira a distribuição de pressões na mesma. Também pode ser utilizada como válvula tudo/nada. Pode definir-se distintos graus de abertura para cada combinação.

  Do ponto de vista construtivo, existem diversas válvulas que realizam esta função: de comporta, de borboleta, de assento plano,... Por isso, são necessários os dados do fabricante sobre o coeficiente adimensional de perdas com válvula aberta e a tabela de relação das perdas com o grau de abertura dessa válvula.

- **Válvula anti-retorno ou de retenção**. Trata-se de uma válvula que apenas permite a passagem da água num sentido. As suas aplicações podem ser múltiplas: evitar recirculações num *by-pass*, tornar independente zonas da rede com pontos de abastecimento distintos, etc. O tipo de válvula que realiza esta função construtivamente é muito diferente das anteriores. Segundo o desenho, terá umas perdas de carga no sentido de passagem e um encerramento rápido perante a circulação da água no sentido contrário. Como dado, requer-se o coeficiente de perdas com válvula aberta e o sentido em que se situa relativamente à tubagem (da origem ao extremo).

- **Válvula de controle de pressão**. Esta é uma válvula de regulação pilotada por pressão. Controlando a sua posição de fecho fará com que a jusante da válvula se alcance o limite de pressão estabelecida, sempre que a pressão a montante seja superior a esta. Podem-se definir distintas taras de pressão para cada combinação. Se a rede ficar com uma pressão inferior à estabelecida, só se introduzirão as perdas com válvula aberta.

- **Válvula de controle de caudal**. Esta válvula de regulação é de funcionamento similar à anterior, mas o limite é de caudal. Da mesma forma, podem-se definir distintas taras de caudal para cada combinação. Se o fluxo for menor ou igual ao estabelecido, só se introduzirão as perdas com válvula aberta.

Os restantes elementos especiais da rede (redutores, cotovelos, ...) podem-se considerar agrupados num mesmo tipo que unicamente requer o coeficiente adimensional de perdas que virá nos catálogos dos fabricantes.

- **Bombas**.

  As redes de abastecimento de água podem ver-se intercaladas com elementos de ganho de pressão como são as bombas para ultrapassar obstáculos geográficos.

  Distinguem-se três grandes grupos em função da trajectória que segue o fluido junto à turbina da mesma:

Centrífugas. São as de uso mais vulgar. Estão especialmente indicadas para caudais moderados e alturas consideráveis.

Heliocentrífugas. O seu campo de utilização é intermédio entre as bombas centrífugas e as axiais. Os elementos constituintes como turbina, difusor,... podem ser comuns nuns casos às primeiras e noutros casos às segundas.

Axiais. Utilizam-se na elevação de grandes caudais a uma altura bem mais reduzida. A sua rede é praticamente sempre com o eixo vertical e submergida num depósito de aspiração

Seja qual for o tipo de bomba a tratar, o dado que a define é a curva característica obtida a partir de ensaios que o fabricante realiza num banco de ensaios e que deve vir detalhada nos catálogos.

Esta é a curva da bomba a uma velocidade de rotação dada, onde H_b é a altura manométrica da bomba e Q, a outra variável mais significativa, é o caudal trasfegado.

$$H_b = H_b(Q)$$

Dito de outra maneira, em função do caudal impulsionado pela bomba, produzir-se-á um incremento de pressão no fluido que corresponde à diferença de pressão manométrica (altura manométrica H_b) que existe entre a entrada e a saída da bomba. Isto supondo a existência de tubos de aspiração e impulsão do mesmo diâmetro.

O ângulo de saída do fluido da turbina β pode ser pequeno, entre 15º e 35º, para reduzir as perdas por fricção nos elementos posteriores à turbina. Isto faz que a curva seja de pendente decrescente sempre que $\beta < 90º$.

O programa só permite definir a curva da bomba de pendente decrescente, por ser condição de dimensionamento habitual nas bombas centrífugas.

Outras curvas de interesse que definem uma bomba são a curva de potência em função do caudal e a curva de rendimento em função do caudal. Estas também devem vir nos catálogos de bombas e caracterizam as prestações e qualidade de desenho da turbomáquina, embora para efeitos de cálculo hidráulico não são necessários e portanto, não se requerem neste programa.

$$P_b = P_b(Q)$$
$$\eta_b = \eta_b(Q)$$

Na falta de dados do fabricante, pode-se utilizar esta tabela de valores (tabela 1.4.) do coeficiente adimensional de perdas para válvulas em posição de abertura:

Válvulas (abertas)	Coef. perdas
De esfera	K = 0.1
Comporta	K = 0.1 – 0.3
Retenção	K = 1.0
De assento standard. Assento de ferro fundido	K = 4.0 – 10.0
De assento standard. Assento de forja (pequenas)	K = 5.0 – 13.0
De assento a 45°. Assento de ferro fundido	K = 1.0 – 3.0
De assento em ângulo. Assento de ferro fundido	K = 2.0 – 5.0
De assento em ângulo. Assento de forja (pequenas)	K = 1.5 – 3.0
Borboleta	K = 0.2 – 1.5
Diafragma	K = 2.0 – 3.5
De cunha. Rectangular	K = 0.3 – 0.5
De cunha. Circular	K = 0.2 – 0.3

Tabela 1.4

Para o aumento de perdas em válvulas parcialmente abertas relativamente ao valor do coeficiente em abertura total, podem-se considerar:

Quociente K / K (aberta)			
Condição	Comporta	Esfera	Borboleta
Aberta	1.0	1.0	1.0
Fechada 25%	3.0 – 5.0	1.5 – 2.0	2.0 – 15.0
50%	12 –22	2.0 – 3.0	8 – 60
75%	70 – 120	6.0 – 8.0	45 - 340

Tabela 1.5

Em alguns casos, as perdas de carga sofridas nestes elementos, podem-se considerar incrementando uma percentagem ao comprimento físico dos tramos para conseguir um comprimento resistente que inclua estas perdas de carga localizadas.

Por isso, é possível definir uma percentagem de incremento do comprimento resistente para simular estas perdas. Este incremento de comprimento apenas se aplica no dimensionamento, não na medição da tubagem.

1.1.2.3. Escavações

As condutas de água potável instalam-se geralmente enterradas. Para isso, deve-se escavar valas para acolher as condutas.

A forma da vala, o volume de escavação e outra série de factores podem ter interesse para calcular uma rede.

1.1.2.3.1. Características do terreno

A forma como será escavada a vala depende em grande medida das características do terreno onde se enterrará a conduta.

Para isso, devem conhecer-se os terrenos nos quais se vai escavar e algumas características próprias do processo de instalação da conduta:

- **Talude**. É a máxima inclinação de uma parede escavada num terreno com a solidez suficiente para não se desmoronar. Deve-se expressar em metros de abertura horizontal por cada metro escavado verticalmente.
- **Distância lateral**. Distância mínima que se deverá separar a conduta das paredes da vala.
- **Largura mínima**. Por limitações mecânicas, não se podem construir valas com larguras excessivamente pequenas. No caso da conduta ser de pequeno diâmetro e juntamente com as distâncias laterais não se completar ou superar a

largura mínima, toma-se esta largura mínima como largura de cálculo.

- **Leito**. Distância entre a soleira da vala e a base da conduta. Deve encher-se com areia, embora também seja possível encontrar leitos de betão em alguns casos.
- **Enchimento**. Uma vez depositada a conduta sobre o leito, enche-se com areia até cobrir a conduta. Denominar-se-á distância de enchimento a espessura de areia por cima da conduta.

1.1.2.3.2. Medição

Para realizar o cálculo da escavação, é necessário dispor de informação sobre as profundidades de escavação:

- **Cota do nó**. Indica a cota da parte inferior da conduta em cada um dos nós da rede. É necessária também para o cálculo hidráulico das condutas.
- **Cota do terreno**. É a cota na qual fica o terreno modificado, isto é, o terreno uma vez terraplenado, sobre o qual se vai realizar a escavação.
- **Cota da rasante**. É a cota na qual ficará a superfície depois de ter fechado as valas e construído o pavimento sobre o terreno.

É habitual que a espessura do pavimento seja constante para toda uma obra, pelo que apenas seriam necessárias as cotas de rasante, deduzindo o terreno como a cota de rasante menos a espessura do pavimento. Se não existir pavimento (espessura = 0), coincidirão rasante e terreno.

Tudo isto é válido em obras novas, dado que, se se tratar de reparações ou modificações sobre ruas já existentes, podem existir diferenças na medição, ao existir dois estratos de características diferentes para efeitos de escavação.

1.1.2.3.3. Limitações

Devido à situação, debaixo da terra, de diferentes tipos de redes (electricidade, água, gás, telefones ...), deve existir uma limitação de **profundidade mínima** que se deve respeitar para evitar colisões com outras redes.

Esta profundidade mínima mede-se a partir da cota de rasante até à aresta superior da face interior da conduta.

Respeitando estas profundidades mínimas, contribui-se para que em futuras escavações não se produzam rupturas acidentais da conduta.

1.1.3. Cálculo (Opção Calcular)

Uma vez recolhidos os dados de partida, procede-se ao cálculo da rede, de acordo com os tipos de condutas, diâmetros, elementos intercalados, caudais e pressões de abastecimento. Para tal, utiliza-se a formulação e o método de resolução que se pormenorizam a seguir.

1.1.3.1. Formulação tubagens

Em redes hidráulicas, utiliza-se para a resolução do sistema de equações, malhadas, ramificadas ou mistas, o método dos elementos finitos de forma discreta.

Para resolver os segmentos da rede calculam-se as quedas de altura piezométrica entre dois nós ligados por um tramo, através da fórmula de Darcy-Weisbach:

$$h_p = f \cdot \frac{8 \cdot L \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g \cdot D^5}$$

sendo:

h_p: Perda de carga (m.c.a.)

L: Comprimento equivalente da conduta (m)

Q: Caudal que circula pela conduta (m^3/s)

g: Aceleração da gravidade (m/s^2)

D: Diâmetro interior da conduta (mm)

f: Factor de fricção

O factor de fricção f é função de:

- **O número de Reynolds** (Re). Representa a relação entre as forças de inércia e as forças viscosas na tubagem.
  - Quando as forças viscosas são predominantes (Re com valores baixos), o fluido escorre de forma laminar pela tubagem.
  - Quando as forças de inércia predominam sobre as viscosas (Re grande), o fluido deixa de se mover de uma forma ordenada (laminarmente) e passa a regime turbulento, cujo estudo de forma exacta é praticamente impossível.

  Quando o regime for laminar, a importância da rugosidade é menor em relação às perdas devidas ao próprio comportamento viscoso do fluido do que no regime turbulento.

  Ao contrário, no regime turbulento, a influência da rugosidade torna-se mais patente.

- **A rugosidade relativa** (ε/D). Traduz matematicamente as imperfeições do tubo.

No caso da água, os valores de transição entre os regimes laminar e turbulento para o número de Reynolds encontram-se no intervalo de 2000 a 4000, e calcula-se como:

$$Re = \frac{\nu \cdot D}{\upsilon}$$

sendo:

ν:A velocidade do fluido na conduta (m/s)

D: O diâmetro interior da conduta (m)

υ: A viscosidade cinemática do fluido (m^2/s)

Para valores de Re abaixo do limite de turbulência, aconselha-se a utilização da fórmula de Poiseuille para obter o factor de fricção:

$$f = \frac{64}{Re}$$

Para o regime turbulento é aconselhável a utilização da equação de Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}}\right)$$

que se deve iterar para poder chegar a um valor f, devido ao carácter implícito da mesma e onde:

f: Factor de fricção

ε: Rugosidade absoluta do material (m)

D: Diâmetro interior da conduta (m)

Re: Número de Reynolds

Como parâmetros, supõe-se:

- Viscosidade cinemática do fluido: 1.15e-6m^2/s
- Nº de Reynolds de transição entre regime turbulento e regime laminar: 2500.

Infelizmente, não se pode assegurar que para o valor umbral de Reynolds escolhido como ponto de transição entre regime laminar e turbulento (Re = 2500), o factor de fricção calculado por Poiseuille seja igual ao calculado por Colebrook-White.

Por isso, ao calcular o factor de perdas é necessário realizar uma primeira iteração com Colebrook-White.

Se esta iteração proporcionar um valor de caudal na zona laminar, calcula-se por meio de Poiseuille.

Se Poiseuille der um resultado na zona turbulenta, toma-se como valor definitivo o calculado por Colebrook-White.

1.1.3.2. Tubagens com consumos distribuídos

Para a resolução de um tramo com consumo uniforme, realiza-se uma discretização dos caudais pedidos por metro linear em pequenos consumos pontuais.

A introdução desta discretização incrementa o número de nós que a rede tem, por conseguinte, o número de equações do sistema. Isto implica um aumento no tempo de cálculo similar ao produzido pela introdução manual de cada um dos nós gerados por essa discretização.

Uma vez obtida a solução do sistema de equações para os subtramos, obtém-se um caudal e uma velocidade variável linearmente com o comprimento do tramo e a curva correspondente de pressões, que poderá variar em função de se a tubagem tem também intercalada uma válvula, se tem consumo de caudal pelos dois extremos, etc.

Este último caso provoca que o tramo seja percorrido pelo fluxo nos dois sentidos, encontrando ao longo do mesmo um caudal e velocidade nula, correspondente a uma pressão mínima (máxima queda no tramo).

1.1.3.3. Formulação válvulas

As perdas locais em válvulas ou outros elementos intercalados, calculam-se através da fórmula seguinte que, substituindo termos para que fique de forma equivalente a Darcy-Weisbach, é:

$$h_p = K \cdot \frac{V^2}{2g} \rightarrow h_p = K \cdot \frac{8 \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g \cdot D^4}$$

sendo,

h_p: Perda de carga local (m.c.a.)

Q: Caudal que circula pela válvula (m^3/s)

g: Aceleração da gravidade (m^2/s)

D: Diâmetro interior da válvula (m)

O coeficiente adimensional K para perdas locais depende do tipo de elemento de que se tratar: curvas, cotovelos, tês ou outros acessórios, válvulas abertas ou parcialmente fechadas. Habitualmente, este termo de queda de pressão mede-se experimentalmente e, sobretudo no caso das válvulas, depende do desenho do fabricante. Em tabelas anteriores, pode-se ver alguns valores médios habituais. Geralmente K diminui ao aumentar o diâmetro.

Alguns tipos de válvulas influem de maneira especial no cálculo da rede:

- **Válvulas anti-retorno**. Segundo o sentido no qual o caudal tente circular pelo tramo onde estão instaladas (sempre de maior altura piezométrica para menor), considerar-se-á que a válvula afecta a rede com o K de válvula aberta, ou como uma válvula completamente fechada com K de perdas infinita. Neste caso, em que a válvula impede a circulação de água, será necessário o transporte de caudal por outro ponto da rede; doutra forma, surgirá um problema de cálculo.
- **Válvulas de controle de pressão**. A resolução de um sistema com este tipo de válvulas realiza-se numa primeira iteração considerando as quedas de pressão para as válvulas inicialmente abertas. Vão-se obtendo as pressões nos nós e verificando se a jusante o sistema chegaria a pressões superiores à taras da válvula.

  Se não alcançar o valor estabelecido, as perdas são introduzidas através da fórmula geral de perdas locais com a constante K para válvula aberta. Se o valor da pressão do ponto a jusante da válvula alcançar ou superar a pressão da tara, fecha-se a válvula até à posição que introduziria as perdas necessárias para alcançar a pressão estabelecida.

  Esta modificação altera as condições da rede e modifica a distribuição de pressões de forma que

na seguinte iteração ajusta-se esta regulação até que as diferenças sejam mínimas.

- **Válvulas de controle de caudal**. No controle de caudal, actua-se de igual modo, verificando os caudais circulantes pelo tramo da válvula com o caudal de tara.

  As perdas da válvula aumentar-se-ão até que o caudal nesse tramo não supere o da tara, fazendo com que os consumos se alcancem através do transporte de água por outros tramos da rede. Se não houver transporte para todos os pontos de abastecimento da rede, o programa avisará que existe um problema de cálculo.

> ► *Se a válvula estiver numa tubagem situada num terreno inclinado, com cotas nos nós diferentes, a altura piezométrica da válvula calcula-se com a pressão que lhe chegar ou com a da tara mais a sua cota de terreno real. Assim, é conveniente que coloque as válvulas de controle de pressão próximas do ponto de abastecimento que quiser controlar para ter alturas piezométricas similares.*

1.1.3.4. Formulação bombas

Para calcular uma rede em que exista uma bomba de impulsão de água é necessário uma expressão matemática que modele a curva obtida experimentalmente num banco de ensaios referente a essa bomba.

Geralmente os fabricantes fornecem nos seus catálogos, informação acerca de pontos de funcionamento a partir dos quais se ajustará analiticamente à bomba, através do método dos mínimos quadrados.

A forma analítica da curva característica da bomba corresponde a uma parábola de segundo grau, na seguinte forma:

$$h_p = C - B \cdot Q - A \cdot Q^2$$

sendo,

h_p: Incremento de altura manométrica (m.c.a.)

Q: Caudal que circula pela bomba (m^3/s)

C, B, A: Coeficientes calculados.

A variável Q costuma-se suprimir devido a representar a parte ascendente do gráfico, distante dos pontos de funcionamento recomendados para a bomba, ficando a equação da seguinte forma:

$$h_p = C - A \cdot Q^2$$

O coeficiente C será sempre positivo por representar a altura da bomba a caudal nulo. O termo AQ^2 apresenta-se com sinal negativo pela concavidade da curva para baixo. O programa permite tanto a introdução directa destes coeficientes para modelizar a bomba a verificar na rede, como a introdução de pontos caudal-altura obtidos nos gráficos dos catálogos.

Por baixo da lista onde se devem introduzir os pontos, o diálogo mostra a curva de ajuste realizada pelo método dos mínimos quadrados. Os pontos devem introduzir-se por ordem de caudais crescentes e alturas decrescentes. Se os parâmetros obtidos do ajuste dos pontos resultarem ficar fora dos limites normais, não se desenhará no gráfico a curva da bomba.

> ► *ATENÇÃO: Para colocar uma bomba numa tubagem situada num terreno inclinado, com cotas nos nós diferentes, há que ter em conta que a altura piezométrica da bomba se calcula com a pressão que lhe chega, mais a sua cota de terreno real. As bombas devem instalar-se num ponto mais abaixo da rede para evitar problemas de ferragem.*

1.1.3.5. Resolução do sistema malhado

Para resolver o sistema malhado, utiliza-se uma variante do método dos elementos finitos discretizado.

Considera-se o modelo da conduta como uma matriz de rigidez [K] para cada um dos elementos da rede:

$$[K] = G^{(e)} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$$

sendo,

$G^{(e)}$ o factor que relaciona a queda de pressão no elemento e com o caudal circulante de forma linear.

Denominaremos $G^{(e)}$ o factor de rigidez do elemento (e).

Realiza-se posteriormente a união das matrizes de rigidez da rede numa única matriz, cuja resolução se aborda por métodos matriciais.

Graças a este método, é possível resolver indistintamente sistemas malhados, ramificados ou mistos, com um ou vários pontos de abastecimento com pressão fixa.

1.1.3.6. Dimensionamento (Opção Dimensionar)

Se, depois de efectuar o cálculo, existirem tramos e/ou nós que não cumpram todas as limitações impostas, pode-se recorrer a um pré-dimensionamento óptimo automático.

Devido à complexidade no comportamento de sistemas malhados, aliado à falta de linearidade e necessidade de iteração que apresentam as redes hidráulicas, o dimensionamento deve-se realizar pelo método de prova e rectificação.

Ao pré-dimensionar, o programa tratará de optimizar e seleccionar o diâmetro mínimo que cumpra todas as restrições (velocidade, pressão).

Para iniciar o dimensionamento, estabelece-se o diâmetro de cada um dos tramos ao menor da série do material atribuído.

Tenha em conta que não se alterará durante o dimensionamento o material do tramo, uma vez que as variações no material utilizado numa obra podem ser limitações impostas ao projecto por factores externos ou normas.

O cálculo desta primeira iteração proporciona uma série de desvios sobre os limites estabelecidos em velocidades e pressões.

O tramo que se encontrar em piores condições, isto é, cujo desvio sobre os limites de velocidade for o maior, é modificado da seguinte forma:

- Se a velocidade do fluido for maior que o limite máximo, aumenta-se o diâmetro.
- Se a velocidade do fluido for menor que o limite mínimo, diminui-se o diâmetro.

No caso de encontrar oscilações, isto é, que não exista uma solução que contemple os dois limites, automaticamente tirar-se-á a condição menos restritiva a nível técnico, isto é, a velocidade mínima.

Depois de os tramos cumprirem as condições, verifica-se se existem nós que não cumpram as condições de pressão máxima e mínima. No caso de existir, modificar-se-á o diâmetro das condutas mais carregadas, isto é, aquelas com uma perda de carga unitária maior. Novamente, no caso de encontrar soluções impossíveis de alcançar, o sistema eliminará automaticamente a condição de pressão máxima.

Deve ter em conta que o dimensionamento de redes com válvulas de controle de caudal ou de pressão, realizar-se-á da mesma forma. Isto fará com que ao obter o diâmetro óptimo para a tubagem, seja possível que as pressões e caudais da rede sejam inferiores às da tara e por conseguinte, as válvulas deixem de ser necessárias.

1.1.3.7. Unidades

O programa solicita os dados numa série de unidades, embora internamente utilize as unidades requeridas pela formulação. Estas são as unidades utilizadas (Tabela 1.6):

Variável	Dados e resultados	Operação
L (Comprimento)	metros (m)	metros (m)
D (Diâmetro)	milímetros (mm)	metros (m)
R (Rugosidade)	milímetros (mm)	metros (m)
Q (Caudal)	litros por segundo (l/s) ou (m^3/h)	metros cúbicos por hora (m^3/h)
H (Altura Piezométrica)	metros coluna de água (m.c.a.)	metros coluna de água (m.c.a.)
ν (Velocidade)	metros por segundo (m/s)	metros por segundo (m/s)
υ (Viscosidade cinemática)	metros quadrados por segundo (m^2/s)	metros quadrados por segundo (m^2/s)

Tabela 1.6

1.2. De Saneamento

1.2.1. Introdução

O objectivo fundamental no dimensionamento de uma rede de saneamento é evacuar as águas residuais dos pontos de recolha até ao ponto de descarga.

O problema pode abordar-se de dois pontos de vista diferentes:

- **Dimensionamento**. É o caso mais habitual, no qual a partir de uma série de dados de águas residuais recolhidas e topografia, se deseja obter as dimensões adequadas dos colectores.
- **Verificação**. A partir de uma rede já dimensionada, deseja-se conhecer se cumpre as limitações de projecto impostas ou consideradas pelo critério do técnico.

Quer se deseje dimensionar, quer verificar, é necessário ter em conta os seguintes aspectos:

- **Exigências de caudal a evacuar**. É necessário respeitar uma série de condicionantes, tanto na recolha de águas residuais, como de águas pluviais.
- **Facilidade de construção**. A utilização de materiais, diâmetros e outros elementos facilmente disponíveis no mercado, que se ajustem às normas em dimensões, e em comportamento.
- **Manutenção**. Conseguir um bom funcionamento da rede para evitar uma excessiva e custosa manutenção correctiva, facilitando a manutenção preventiva, é fundamental.
- **Economia**. Não serve apenas fazer com que a rede funcione. Esta deve comportar, além disso, um custo razoável, evitando quanto possível, sobredimensionar.

Uma vez recolhidos todos os dados necessários, efectua-se o cálculo em relação à formulação adequada em cada caso.

1.2.2. Dados prévios

1.2.2.1. Condições de recolha

São necessários vários dados para calcular uma rede. Estes dados são, definitivamente, os que marcarão o comportamento da mesma.

1.2.2.1.1. Caudais recolhidos pela rede

Geralmente, esta é a principal condicionante no funcionamento da rede. Para calcular os caudais recolhidos em cada câmara, deve-se partir de duas fontes:

- **Águas residuais**. São as geradas como consequência do desenvolvimento de actividades urbanas, industriais, etc. O caudal pode-se estimar mais facilmente devido ao seu valor estar muito ligado ao consumo de água potável.
- **Águas pluviais**. Procedentes da recolha da água de chuva, a sua estimativa é mais complexa. Geralmente, gera maiores volumes de água transvasada.

Adicionalmente, o cálculo de caudais a evacuar depende também do tipo de rede de saneamento:

- **Redes unitárias**. Recolhem tanto águas residuais como pluviais. O cálculo realiza-se com base em duas condições: Velocidade mínima com apenas residuais e velocidade máxima, somando as pluviais e as residuais.
- **Redes separativas**. Estabelecem-se como redes independentes e, por isso, calculam-se independentemente com os caudais recolhidos quer de residuais, quer de pluviais.

Em qualquer caso, as redes de saneamento devem ser **ramificadas**, com **um só ponto de descarga**. O seu funcionamento deve ser, salvo casos que requeiram um cálculo especial, em **superfície livre**. Existem métodos de cálculo para resolver redes malhadas de saneamento, mas a sua utilização requer uma modelação dos cruzamentos e a sua validade é limitada.

O caudal a recolher em cada nó da rede deve basear-se no tipo de utilização (urbano, industrial, rural, ...).

No caso de drenagem de águas residuais domésticas, o caudal depende do número de habitantes da população.

De forma orientadora, na tabela 1.7 mostram-se valores habituais para projectos.

Adicionalmente, deve-se ter em conta não apenas os habitantes actuais das zonas que se deseja urbanizar, mas também se deve realizar uma previsão de um possível crescimento da população que se teria de abastecer a partir da rede que se está a calcular.

De forma orientadora, pode-se calcular a população futura como:

$$P = P_a\left(1+\alpha\right)^t$$

sendo:

P: A população futura

P_a: População do último censo

α: Taxa de crescimento da população

t: Tempo decorrido desde o último censo

Capitação na distribuição domiciliária	
a) 80 l/habitante/dia	até 1000 habitantes
b) 100 l/habitante/dia	de 1000 a 10 000 habitantes
c) 125 l/habitante/dia	de 10 000 a 20 000 habitantes
d) 150 l/habitante/dia	de 20 000 a 50 000 habitantes
e) 175 l/habitante/dia	acima de 50 000 habitantes

Tabela 1.7

Os valores dos consumos aqui apresentados são orientadores para o consumo doméstico, o regulamento apresenta outros tipos de consumo de acordo com o fim a que se destina a rede, bem como os restantes requisitos necessários na determinação dos caudais a drenar.

Os caudais calculados nas câmaras de recolha para a rede de saneamento estão relacionados com os caudais consumidos na rede de água.

Deve-se ter em conta que as redes de abastecimento de água potável devem-se instalar sempre por cima das redes de saneamento, para evitar contaminação da água potável em caso de ruptura ou fuga nas redes de saneamento.

Uma vez determinado o caudal de consumo em cada nó, é necessário introduzir considerações como o factor de afluência à rede e os picos de consumo, que se repercutirão no caudal a drenar.

Em alguns casos, pode ter interesse a utilização de um coeficiente que incremente ou reduza, de forma geral, os consumos de uma rede. Desta forma é possível simular funcionamentos sazonais, ou com menores ocupações.

Este coeficiente poderá aplicar-se apenas no momento de efectuar o cálculo sobre os caudais a drenar.

1.2.2.1.2. Caudais distribuídos

Em casos especiais pode ser de grande utilidade no dimensionamento simular a afluência à rede como distribuída linearmente ao longo de um tramo de colector, em vez de acrescentar um grande número de câmaras de recolha.

Isto dá um primeiro cálculo da rede com uma rápida introdução dos caudais afluentes ao longo de um tramo de grande comprimento de colector.

Dos resultados gráficos, pode-se verificar a partir de que ponto o colector entra em carga e dividir o tramo em dois com os diâmetros ou as inclinações mais adequadas.

A afluência de caudal uniforme deve-se indicar em unidades por metro linear de colector.

1.2.2.1.3. Infiltração

O factor de infiltração define afluências lineares nos colectores devidos à porosidade (quer seja natural, por má conservação, fendilhação ou intencional).

Esta pode-se definir a nível geral e aplicável a todos os tramos da obra, ou então a nível particular para um determinado tramo no qual se queira aplicar um nível diferente de infiltração.

Os caudais e infiltração devem definir-se de acordo com os requisitos regulamentares.

1.2.2.1.4. Ponto de descarga

O local de despejo é o ponto final onde chega toda a água residual drenada pela rede de saneamento. Tais pontos podem ser:

- **Central de bombagem**. Local onde a água residual recolhida é bombada à pressão, geralmente até à zona de tratamento de águas residuais.
- **Emissários**. Tramos de tubagem que entram no mar e levam a água até pontos distantes da costa. O emissário requer um cálculo especial que não é objecto deste programa, por isso o ponto de descarga encontrar-se-á no início e não no extremo do próprio emissário.
- **Redes de saneamento existentes**. É a situação mais habitual, na qual a nossa rede da urbanização desemboca na rede geral de saneamento urbano.

As redes de saneamento devem ter **um único ponto de descarga**.

1.2.2.1.5. Velocidade nos colectores

As principais limitações para dimensionar uma rede de saneamento são:

- **A altura da lâmina líquida**. A água deve circular pelo colector em superfície livre. Se for necessário o trabalho em carga do colector, o tramo afectado deve-se calcular como um tramo em pressão.

  Um tramo cuja altura da lâmina líquida exceda a dimensão vertical máxima do colector entra em carga e, por isso, os cálculos de velocidade não são válidos.

  A altura da lâmina líquida a verificar deve ser a estabelecida no regulamento.
- **Velocidade mínima**. Deve-se utilizar como limite inferior de velocidade o valor regulamentar, uma vez que abaixo destes valores têm lugar processos de sedimentação e estancamento.
- **Velocidade máxima**. A velocidade máxima não deve exceder o valor regulamentar, para evitar fenómenos de erosão e ruídos.

1.2.2.2. Colectores

O funcionamento de uma rede de saneamento depende em grande medida do tipo, geometria e tamanho dos colectores utilizados.

1.2.2.2.1. Materiais

- *Uma rugosidade menor do material implica maior velocidade no tramo.*

Determinam a rugosidade superficial do tubo com a qual a água residual se vai encontrar.

A forma de expressar a rugosidade depende, em grande medida, do tipo de formulação que se vai utilizar.

No caso mais desenvolvido, a fórmula de Manning-Strickler, os valores recomendados na prática são os da tabela 1.8.

No caso da fórmula de Prandtl-Colebrook, utilizam-se os valores da rugosidade absoluta em metros (Tabela 1.9).

Se se vai utilizar a fórmula de Tadini, não se requer nenhum valor específico do material.

No caso de optar pela fórmula de Bazin, os valores são os indicados na tabela 1.10.

Se se utilizar a fórmula de Sonier, veja a tabela 1.11.

Para a fórmula de Kutter, os valores do coeficiente de rugosidade são os da tabela 1.12.

A fórmula de Ganguillet-Kutter utiliza o mesmo factor que a fórmula de Manning-Strickler (Tabela 1.8).

Superfície	Óptimo	Bom	Mediano	Mau
Tubo				
Ferro fundido não revestido	0.012	0.013	0.014	0.015
Ferro fundido revestido	0.011	0.012	0.013	0.014
Ferro forjado comercial, preto	0.012	0.013	0.014	0.015
Ferro forjado comercial, galvanizado	0.013	0.014	0.015	0.017
Betão	0.012	0.013	0.015	0.016
Vidro e latão, lisos	0.009	0.010	0.011	0.013
Soldados, lisos	0.010	0.011	0.013	0.014
Aço em espiral	0.013	0.015	0.017	0.018
Vitrificado para esgotos	0.010	0.013	0.015	0.017
Drenagem argila comum, uniões abertas	0.011	0.012	0.014	0.017
Construído "In situ"				
Alvenaria de tijolo vitrificado	0.011	0.012	0.013	0.015
Tijolo com argamassa	0.012	0.013	0.015	0.017
Superfícies de cimento sem areia	0.010	0.011	0.012	0.013
Superfícies de argamassa de cimento	0.011	0.012	0.013	0.015
Tubo de aduelas de madeira	0.010	0.011	0.012	0.013
Canais de madeira tratada	0.010	0.012	0.013	0.014
Canais de madeira não tratada	0.011	0.013	0.014	0.015
Canais com ripas de madeira	0.012	0.015	0.016	0.018
Canais revestidos a betão	0.012	0.014	0.016	0.018
Superfície de entulho de obras em cimento	0.017	0.020	0.025	0.030
Superfície de entulho de obras	0.025	0.030	0.033	0.035
Superfície de pedra lavrada	0.013	0.014	0.015	0.017
Canais e valas				
Canais semicirc. metal, liso	0.011	0.012	0.013	0.015
Canais semicirc. metal, ondulados	0.023	0.025	0.028	0.030
Valas de terra, rectas e uniformes	0.017	0.020	0.023	0.025
Valas escav. em rocha, lisas	0.025	0.030	0.033	0.035
Valas escav. em rocha, irregulares	0.035	0.040	0.045	0.050
Valas com formas sinuosas	0.023	0.025	0.028	0.030
Canais dragados na terra	0.025	0.028	0.030	0.033
Canais leito pedregoso, com vegetação	0.025	0.030	0.035	0.040
Fundo de terra, margens de cascalho	0.028	0.030	0.033	0.035
Cursos naturais				
Limpos, margens rectas	0.025	0.028	0.030	0.033
Margens rectas, alguns matagais	0.030	0.033	0.035	0.040
Serpenteantes limpos	0.033	0.035	0.040	0.045
Serpenteantes profundos	0.040	0.045	0.050	0.055
Serpenteantes, matagais e pedras	0.035	0.040	0.045	0.050
Serpenteantes profundos com pedras	0.045	0.050	0.055	0.060
Tramos lentos com vegetação fechada	0.050	0.060	0.070	0.080
Tramos lentos com muita vegetação fechada	0.075	0.100	0.125	0.150

Tabela 1.8

Material	Rugosidade absoluta ε (m)
Grés	0.00010 - 0.00025 m
PVC	0.00010 - 0.00025 m
PRV	0.00020 - 0.00050 m
Fibrocimento	0.00025 - 0.00040 m
Ferro fundido recoberto	0.00040 - 0.00080 m
Betão normal	0.00080 - 0.00150 m
Betão rugoso	0.00120 - 0.00400 m

Tabela 1.9

Tipo de parede dos canais	Coef. Bazin γ
Paredes muito lisas (madeira aplainada, rebocado de cimento, fibrocimento)	0.06
Paredes lisas (pedra talhada, tijolo, betão)	0.16
Paredes pouco lisas (alvenaria, empedrado)	0.46
Paredes de natureza mista (taludes alisados)	0.85
Canais em terra normais (fundo e taludes sem irregularidades)	1.30
Canais em terra com irregularidades (fundos de cantos arredondados, paredes com vegetação ou pedras)	1.75

Tabela 1.10

Tubagens	Factor de fricção de Sonier fs
Rebocadas de cimento	0.00103
De betão	0.00214

Tabela 1.11

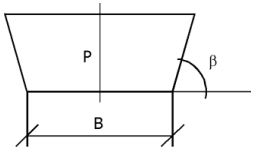
Secção	Natureza paredes	Coef.Kutter m
Circular	Plástico, fibrocimento	0.10 - 0.15
	Cimento liso, tábuas aplainadas	0.15 - 0.20
	Betão liso de alta qualidade	0.20 - 0.25
	Betão liso de qualidade média	0.30 - 0.35
Rectangular	Tábuas aplainadas	0.15 - 0.20
	Tábuas não aplainadas, pedra talhada, blocos ordinários de cimento	0.25 - 0.30
	Alvenaria de pedra ou tijolo, cuidada	0.30 - 0.35
	Alvenaria de pedra ou tijolo, normal	0.40 - 0.45
	Alvenaria de pedra ou tijolo, encaixada	0.50 - 0.55
	Alvenaria rugosa com juntas	0.60 - 0.75
	Alvenaria deteriorada com juntas	0.90 - 1.00
Trapezoidal	Pequenos canais em rocha ou terra, regulares sem vegetação	1.25 - 1.50
	Canais em terra, mal cuidados, com vegetação, cursos regulares	1.75 - 2.00
	Canais em terra, não tratados, cursos naturais com plantas	2.00 - 2.50

Tabela 1.12

1.2.2.2.2. Geometria

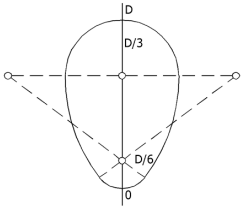
Em alguns casos, é conveniente utilizar outro tipo de geometria diferente da circular. Pode-se utilizar:

Secção trapezoidal

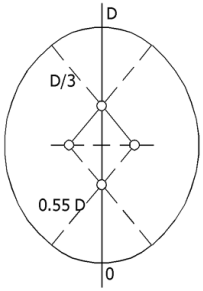


Sendo B a base do trapézio, β o ângulo da parede, P a altura da lâmina líquida máxima

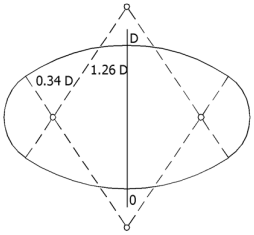
Secção ovóide



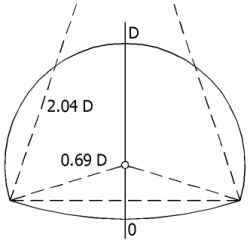
Secção oval vertical



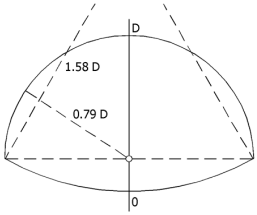
Secção oval horizontal



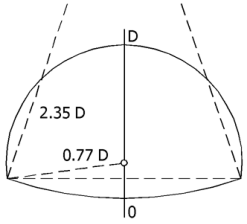
Secção ferradura 1



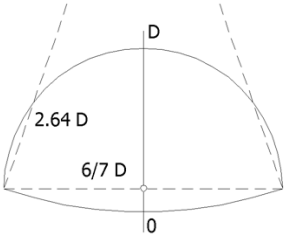
Secção ferradura 2



Secção ferradura 3



Secção ferradura 4



sendo D a dimensão considerada como diâmetro base.

1.2.2.2.3. Diâmetros

O tratamento dos materiais realiza-se através da utilização de bibliotecas, das quais se obtêm os materiais a utilizar nas obras. Cada um destes materiais contém o seu coeficiente juntamente com uma série de dimensões de canalização. Estas bibliotecas são definíveis pelo utilizador, que pode modificar os coeficientes, assim como tirar ou acrescentar diâmetros à série.

Para cada material, existem séries pré-definidas de diâmetros normalizados. Estes têm, habitualmente, a anotação 'DN' juntamente com a dimensão aproximada do seu diâmetro em milímetros.

> ► *Um 'DNx' não significa que o diâmetro interior do colector seja de x milímetros. Provavelmente é menor, mas deve-se consultar em qualquer caso. Os materiais pré-definidos procedentes das bibliotecas contemplam esta diferença e pode-se consultar directamente na própria biblioteca, ou no momento de atribuir o diâmetro a cada tramo. Para os materiais criados ou editados, deve ser o próprio utilizador a designar o diâmetro interior do colector.*

Diâmetros maiores diminuem a velocidade de circulação e a possibilidade de entrar em carga, mas encarecem o custo da rede, com o risco acrescentado de ter velocidades excessivamente baixas.

1.2.2.3. Escavações

Os colectores de saneamento em urbanização geralmente instalam-se enterrados. Para isso, devem escavar-se valas para acolher os colectores.

A forma da vala, o volume de escavação e outra série de factores podem ter interesse para calcular uma rede.

1.2.2.3.1. Características do terreno

A forma como será escavada a vala depende em grande medida das características do terreno onde se enterrará o colector. Para isso deve-se conhecer os terrenos nos quais se vai escavar e algumas características próprias do processo de instalação do colector:

- **Talude**. É a máxima inclinação de uma parede escavada num terreno com a solidez suficiente para não se desmoronar. Deve-se expressar em metros de abertura horizontal por cada metro escavado verticalmente.
- **Distância lateral**. Distância mínima que se deve separar o colector das paredes da vala.
- **Largura mínima**. Por limitações mecânicas, não se podem construir valas com larguras excessivamente pequenas. No caso do colector ser de pequeno diâmetro e juntamente com as distâncias laterais, não se completar ou superar a largura mínima, toma-se esta largura mínima como largura de cálculo.
- **Leito**. Distância entre a soleira da vala e a base do colector. Deve encher-se com areia, embora também seja possível encontrar leitos de betão em alguns casos.
- **Enchimento**. Uma vez depositado o colector sobre o leito, enche-se com areia até cobrir o colector. Chamaremos distância de enchimento à espessura de areia por cima do colector.

1.2.2.3.2. Medição

Para realizar o cálculo da escavação, é necessário dispor de informação sobre as profundidades de escavação. Deve-se dispor, portanto, de:

- **Cota do terreno**. É a cota à qual fica o terreno modificado, isto é, o terreno uma vez terraplenado, sobre o qual se vai realizar a escavação.
- **Cota da rasante**. É a cota à qual ficará a superfície depois de ter fechado as valas e construído o pavimento sobre o terreno.
- **Profundidade de enterramento do colector**. Pode mudar ao longo do colector. Deve-se indicar a profundidade dos extremos do colector.
- **Profundidade da caixa**. Considera-se como a profundidade do fundo da câmara medida desde a cota de rasante. Deve ser maior ou igual à maior profundidade dos tramos confluentes. Existe a possibilidade, deixando este valor a 0, de o programa calcular este valor de forma automática.

É habitual que a espessura do pavimento seja constante para toda uma obra, pelo que apenas seriam necessárias as cotas de rasante, deduzindo o terreno como a cota de rasante menos a espessura do pavimento. Se não existir pavimento (espessura = 0), coincidirão rasante e terreno.

Tudo isto é válido em obras novas, uma vez que, se se tratar de reparações ou modificações sobre ruas já existentes, podem existir diferenças na medição, ao existirem dois estratos de características diferentes para efeitos de escavação.

1.2.2.3.3. Limitações

Devido à situação debaixo da terra de diferentes tipos de redes (tais como electricidade, água, gás, telefones ...), deve existir uma limitação de **profundidade mínima** que se deve respeitar para evitar colisões com outras redes.

Esta profundidade mínima mede-se a partir da cota da rasante até à aresta superior da face interior do colector.

Respeitando estas profundidades mínimas, contribui-se para que em futuras escavações não se produzam rupturas acidentais do colector.

1.2.3. Cálculo (Opção: Calcular)

Uma vez recolhidos os dados de partida, procede-se ao cálculo da rede, de acordo com os tipos de colectores, diâmetros e caudais recolhidos. Para tal, utiliza-se a formulação e o método de resolução que se pormenorizam a seguir.

1.2.3.1. Formulação

No caso de redes de saneamento, utiliza-se o método de contagem de caudais desde a recolha até ao ponto de descarga.

Por isso a rede deve ser **ramificada** e **com um único ponto de descarga**.

Devido à diversidade de fórmulas utilizadas no cálculo de colectores de saneamento, e aos costumes locais no uso das mesmas, é possível utilizar qualquer um das fórmulas indicadas.

Estas fórmulas proporcionam um cálculo aproximado, dado que supõem um regime de circulação uniforme em todo o trajecto, o que é praticamente impossível em colectores reais.

1.2.3.1.1. Fórmula de Prandtl-Colebrook

Parte da fórmula de Darcy-Weisbach para colectores sob pressão:

$$I = f\frac{v^2}{2 \cdot g \cdot D}$$

sendo:

I: Perda de carga (m.c.a.) por metro de colector. Se o colector trabalhar em superfície livre, ao não existir pressão no

colector, a perda de carga é devida apenas à perda de cota geométrica. A perda de cota geométrica por unidade de comprimento de colector é a pendente da soleira do colector.

f: Factor de fricção de Darcy-Weisbach

v: Velocidade do fluido que circula pelo colector (m/s)

g: Aceleração da gravidade (m/s^2)

D: Diâmetro interior do colector (mm)

O factor de fricção f é função de:

- **O número de Reynolds (Re).** Representa a relação entre as forças de inércia e as forças viscosas na tubagem.

  Quando as forças viscosas são predominantes (Re com valores baixos), o fluido escorre de forma laminar pela tubagem.

  Quando as forças de inércia predominam sobre as viscosas (Re grande), o fluido deixa de se mover de uma forma ordenada (laminarmente) e passa a regime turbulento, cujo estudo de forma exacta é praticamente impossível.

  Quando o regime for laminar, a importância da rugosidade é menor em relação às perdas devidas ao próprio comportamento viscoso do fluido do que no regime turbulento.

  Ao contrário, no regime turbulento, a influência da rugosidade torna-se mais patente.

- **Rugosidade relativa (ε/D)**. Traduz matematicamente as imperfeições do tubo.

No caso da água, os valores de transição entre os regimes laminar e turbulento para o número de Reynolds encontram-se no intervalo de 2000 a 4000, e calcula-se como:

$$Re = \frac{v \cdot D}{\upsilon}$$

sendo:

v:A velocidade do fluido no colector (m/s)

D: O diâmetro interior do colector (m)

υ: A viscosidade cinemática do fluido (m^2/s)

É aconselhável a utilização da equação de Colebrook-White para o cálculo do factor de fricção:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}}\right)$$

que se deve iterar para poder chegar a uma valor f, devido ao carácter implícito da mesma e onde:

f: Factor de fricção

ε: Rugosidade absoluta do material (m)

D: Diâmetro interior do colector (m)

Re: Número de Reynolds

Como parâmetros supõe-se:

Viscosidade cinemática do fluido: 1.31e-6m^2/s

Se se eliminar f nas fórmulas, obtém-se:

$$v = -2 \cdot \sqrt{2 \cdot g\, DI} \cdot \log_{10}\left(\frac{\varepsilon}{3.71\, D} + \frac{2.51\upsilon}{D\sqrt{2g\, DI}}\right)$$

válida para colectores de secção cheia.

Para secções circulares, utiliza-se o coeficiente corrector de Thormann-Franke baseado no ângulo de enchimento:

$$W = \frac{V_p}{V} = \left[\frac{2\beta - \text{sen } 2\beta}{2(\beta + \gamma \text{ sen } \beta)}\right]^{0.625}$$

onde:

V: Velocidade de secção cheia

Vp: Velocidade de secção parcialmente cheia

2β: Arco da secção molhada

γ: Coeficiente de Thormann que representa o atrito entre o líquido e o ar do interior do colector, calculando-se da seguinte forma:

$$\eta = \frac{y}{D} \leq 0.5 \Rightarrow \gamma = 0$$

$$\eta = \frac{y}{D} > 0.5 \Rightarrow \gamma = \frac{\eta - 0.5}{20} + \frac{20(\eta - 0.5)^3}{3}$$

y: Altura da lâmina líquida

D: Diâmetro interior do colector

O único inconveniente na fórmula de Prandtl-Colebrook é a sua limitação em colectores circulares, uma vez que a obtenção de coeficientes correctores não é habitual noutras secções.

1.2.3.1.2. Formulação geral de Chesy

A expressão de Chesy agrupa grande parte das fórmulas aproximadas de cálculo de colectores de qualquer secção parcialmente cheia:

$$v = C \cdot R_h^a \cdot I^b$$

sendo:

v: Velocidade do fluido no colector (m/s)

C, a, b: Valores específicos conforme as diferentes formulações

R_h: Raio hidráulico, obtido como a secção de água dividida pelo perímetro molhado (m)

I: Pendente da soleira do colector (m/m)

1.2.3.1.3. Fórmula de Manning-Strickler

Possivelmente a fórmula mais utilizada para o cálculo de saneamento, expressa-se como:

$$v = \frac{1}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2};\ Q = \frac{1}{n} R_h^{2/3} \cdot I^{1/2} A_h$$

sendo:

A_h: secção de fluido (m^2)

n: coeficiente de Manning. Este valor depende do material (ver o ponto ***Materiais***) e da geometria da canalização, embora se possa desprezar esta última influência

1.2.3.1.4. Fórmula de Tadini

É das mais antigas. A sua simplicidade chega ao extremo de não requerer nenhum parâmetro do material utilizado:

$$v = 50 \cdot \sqrt{R_h \cdot I}$$

1.2.3.1.5. Fórmula de Bazin

É bastante utilizada em França, e a sua expressão é:

$$v = \frac{87 \cdot R_h \cdot \sqrt{I}}{\gamma + \sqrt{R_h}}$$

onde:

γ:Coeficiente de rugosidade de Bazin, que depende da natureza das paredes (ver o ponto ***Materiais***).

1.2.3.1.6. Fórmula de Sonier

Vem dada pela expressão:

$$v = \frac{3.135}{\sqrt{f_s}} \cdot R_h^{0.65} \cdot \sqrt{I}$$

onde:

f_s: Factor de fricção de Sonier (ver o ponto ***Materiais***).

1.2.3.1.7. Fórmula de Kutter

Bastante utilizada na Alemanha e na Bélgica:

$$v = \frac{100 \cdot R_h \cdot \sqrt{I}}{m + \sqrt{R_h}}$$

onde:

m: Coeficiente de rugosidade de Kutter (ver o ponto ***Materiais***).

1.2.3.1.8. Fórmula de Ganguillet-Kutter

Utilizada antigamente na Alemanha e nos Estados Unidos:

$$v = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{I}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{I}\right)\frac{n}{R_h}}$$

onde:

n: Coeficiente de Ganguillet-Kutter, que coincide com o coeficiente de Manning (ver o ponto ***Materiais***).

1.2.3.2. Colectores com caudais afluentes distribuídos

Para a resolução de um tramo com afluência uniforme, realiza-se uma discretização dos caudais afluentes por metro linear em pequenos consumos pontuais.

A introdução desta discretização incrementa o número de nós que a rede tem, e portanto, o número de equações do sistema.

Isto implica um aumento no tempo de cálculo similar ao produzido pela introdução manual de cada uma das câmaras geradas por essa discretização.

Uma vez obtida a solução do sistema de equações para os subtramos, obtém-se um caudal variável linearmente com o comprimento do tramo e as curvas correspondentes à altura da lâmina líquida e à velocidade, que poderão mudar a sua trajectória, em função de se o colector chega a entrar em carga.

1.2.3.3. Dimensionamento (Opção: Dimensionar)

Se, depois de efectuar o cálculo, existirem tramos e/ou nós que não cumpram todas as limitações impostas, pode-se recorrer a um pré-dimensionamento óptimo automático.

Ao utilizar séries de diâmetros normalizados e ter diferentes geometrias na secção, juntamente com o carácter implícito da maior parte das fórmulas, recorre-se ao método de prova e rectificação para o pré-dimensionamento.

Ao pré-dimensionar, o programa tratará de optimizar e seleccionar o diâmetro mínimo que cumpra todas as restrições (velocidade e altura da lâmina líquida).

Para iniciar o dimensionamento, estabelece-se o diâmetro de cada um dos tramos como o menor da série do material atribuído.

Tenha em conta que não se alterará durante o dimensionamento o material do tramo, uma vez que as variações no material utilizado numa obra podem ser limitações impostas ao projecto por factores externos ou normas.

O cálculo desta primeira iteração proporciona uma série de desvios sobre os limites estabelecidos em velocidades e alturas da lâmina líquida.

Qualquer tramo que se encontre que não cumpra as condições de altura da lâmina líquida, é aumentado e recalcula-se até que, se as séries e caudais o permitirem, nenhum tramo entre em carga.

A partir desse ponto, verificam-se as velocidades da rede.

O tramo que se encontrar em piores condições, isto é, cujo desvio sobre os limites de velocidade for o maior, é modificado da seguinte forma:

- Se a velocidade do fluido for maior que o limite máximo, aumenta-se o diâmetro.
- Se a velocidade do fluido for menor que o limite mínimo, diminui-se o diâmetro.

No caso de existir oscilações, isto é, se não existir uma solução que contemple os três limites, automaticamente tirar-se-á a condição menos restritiva a nível técnico, isto é, a velocidade mínima.

1.2.3.4. Unidades

O programa solicita os dados numa série de unidades, embora internamente utilize as unidades requeridas pela formulação. Estas são as unidades utilizadas:

Variável	Dados e resultados	Operação
L (Comprimento)	metros (m)	metros (m)
D (Diâmetro)	milímetros (mm)	metros (m)
R (Rugosidade)	milímetros (mm)	metros (m)
Q (Caudal)	litros por segundo (l/s) ou (m^3/h)	metros cúbicos por segundo (m^3/h)
I (Pendente)	percentagem (%)	tanto por um (m/m)
ν (Velocidade)	metros por segundo (m/s)	metros por segundo (m/s)
υ (Viscosidade cinemática)	metros quadrados por segundo (m^2/s)	metros quadrados por segundo (m^2/s)

Tabela 1.13

1.3. De Electricidade

1.3.1. Introdução

O objectivo fundamental no dimensionamento de uma rede eléctrica é proporcionar a potência requerida em cada ponto a alimentar. O problema pode abordar-se de dois pontos de vista:

- **Dimensionamento**. É o caso mais habitual, no qual a partir de uma série de dados sobre os consumos se deseja obter as secções adequadas dos condutores eléctricos.
- **Verificação**. A partir de uma instalação já dimensionada, deseja-se conhecer se cumpre as limitações de projecto impostas pelos regulamentos ou consideradas pelo critério do técnico.

Quer se deseje dimensionar, quer verificar, é necessário ter em conta os seguintes aspectos:

- **As condições de fornecimento de potência aos pontos de consumo**. É necessário respeitar uma série de condicionantes como quedas de tensão nos pontos a alimentar ou intensidades máximas nos cabos.
- **Facilidade de construção**. A utilização de materiais, diâmetros e outros elementos facilmente disponíveis no mercado, que se ajustem às normas nas suas dimensões e no seu comportamento.
- **Manutenção**. Conseguir um bom funcionamento da instalação para evitar uma excessiva e custosa manutenção correctiva, facilitando a manutenção preventiva, é fundamental.
- **Economia**. Não serve apenas fazer com que a instalação funcione. Esta deve comportar, além disso, um custo razoável, evitando quanto possível, sobredimensionar.

Uma vez recolhidos todos os dados necessários, efectua-se o cálculo em relação à formulação adequada em cada caso.

1.3.2. Dados prévios

1.3.2.1. Condições de abastecimento

São necessários vários dados para calcular uma instalação. Estes dados são, definitivamente, os que marcarão o comportamento da mesma.

1.3.2.1.1. Consumos

Geralmente, esta é a principal condicionante no funcionamento da rede. Dependem em grande medida do tipo de instalação, sendo habituais três tipos fundamentais a nível de urbanização:

- **Rede de média tensão**. Liga os centros de transformação da zona a urbanizar com a rede existente de média tensão.
- **Rede de baixa tensão**. Distribui a potência a partir dos centros de transformação até aos pontos de consumo em baixa tensão.
- **Redes de iluminação pública**. Distribuem a potência necessária para alimentar os pontos de luz que configuram a instalação.

Adicionalmente, deve-se ter em conta não apenas os habitantes actuais das zonas que se deseja urbanizar, mas também se deve realizar uma previsão de um possível crescimento da população que se teria de abastecer a partir da rede que se está a calcular.

De forma orientadora, pode-se calcular a população futura como:

$$P = P_a(1+\alpha)^t$$

sendo,

P: A população futura

P_a: População do último censo

α: Taxa de crescimento da população

t: Tempo decorrido desde o último censo

Em alguns casos, pode ter interesse a utilização de um coeficiente que incremente ou reduza, de forma geral, os consumos de uma rede. Desta forma é possível simular funcionamentos sazonais ou com menores ocupações.

Este coeficiente apenas se aplica para o cálculo sobre as potências consumidas nos nós.

1.3.2.1.2. Consumos distribuídos

Em casos especiais, pode ser de utilidade no dimensionamento simular os consumos da instalação, como distribuídos linearmente ao longo de um tramo. A potência indica-se em kW por metro linear de condutor.

Isto dá uma primeira estimativa da instalação com uma rápida introdução dos consumos. A resolução de casos como os de iluminação pública, pode-se simplificar com esta opção, sem necessidade de introduzir tantos nós de consumo quantos pontos de iluminação tenha a instalação.

1.3.2.1.3. Alimentação da rede

Uma rede eléctrica recebe alimentação por um ou vários pontos. Dependendo do tipo de rede eléctrica, os fornecimentos podem ser:

- **Média tensão**: Posto de transformação, subestação ou rede de média tensão existente.
- **Baixa tensão**: Posto de transformação ou rede de baixa tensão existente.
- **Iluminação**: Posto de transformação ou rede de baixa tensão existente.

As tensões de alimentação dependem da gama pela qual se distribui. À baixa tensão correspondem 400 V.

A distribuição de energia eléctrica realiza-se normalmente em trifásica.

1.3.2.1.4. Intensidade nos condutores

Uma das principais limitações para dimensionar uma rede eléctrica é a intensidade nos condutores.

Cada material, dependendo da sua composição, isolamento e instalação, tem uma intensidade máxima admissível. Esta intensidade admissível é aquela que, circulando em regime permanente pelo cabo, não causa danos no mesmo. Uma intensidade superior à intensidade admissível pode produzir efeitos como a fusão do material condutor ou a perda de capacidade dieléctrica do isolante por causa de uma deterioração do mesmo por excesso de temperatura.

A intensidade admissível vem especificada nos regulamentos vigentes. Em função do tipo de instalação, devem considerar-se certos coeficientes redutores da intensidade admissível (tipo de enterramento, temperatura média do terreno, múltiplos condutores em vala, ...).

1.3.2.1.5. Tensão nos pontos de consumos

Quando se dimensiona uma rede eléctrica, é necessário assegurar nos pontos de consumos uma tensão próxima da tensão nominal da rede eléctrica.

O valor máximo da queda de tensão em qualquer nó de consumo em relação à tensão nominal da instalação é de 5% em redes de alimentação, e de 3% em redes de iluminação pública.

1.3.2.2. Cabos

O bom funcionamento de uma instalação eléctrica depende em grande medida do tipo e secção dos cabos utilizados.

1.3.2.2.1. Material condutor

Determina a resistência eléctrica dos condutores. Praticamente os dois únicos utilizados são o cobre e o alumínio.

A resistência do condutor expressa-se em Ω/Km e faz parte das características que o fabricante dos cabos fornece.

1.3.2.2.2. Isolamento

Esta característica é a que proporciona dois parâmetros básicos:

- **Tensão nominal**. O isolamento determina o intervalo de tensão válido para a sua utilização. Indica-se esta tensão nominal de utilização como o conjunto tensão simples/tensão composta, isto é, tensão entre uma fase e o neutro/tensão entre duas fases. As espessuras dos revestimentos dos cabos variarão em função da capacidade dielétrica do material isolante.
- **Reactância**. A capacidade de isolamento determina a reactância de fase de um condutor, juntamente com a disposição do mesmo (cabo unipolar ou tripolar), disposição de blindagens do cabo e, em menor medida, distância entre cabos. A reactância mede-se em Ω/Km e fornece-se com as características do cabo. É habitual desprezar este valor em instalações de baixa tensão, pela sua pouca importância no cálculo.

1.3.2.2.3. Secções

O tratamento das secções realiza-se através da utilização de bibliotecas, das quais se obtêm os materiais a utilizar nas obras. Cada material traz uma série de secções juntamente com as suas características eléctricas.

Estas bibliotecas são definíveis pelo utilizador, que pode eliminar ou acrescentar secções à série e modificar as características de cada secção.

Para cada material há séries pré-definidas de secções normalizadas. Deve-se utilizar o número de condutores de fase como multiplicador da secção.

Para trifásica, por exemplo, utiliza-se '3xS', indicando três condutores de fase de secção S. Noutros casos pode convir a forma '$3xS+S_n$', indicando adicionalmente a secção S_n do condutor de neutro.

De cada secção pode-se definir:

- **Secção**. Serve para que o programa ordene as secções de forma crescente, facilitando o processo de selecção, tanto manual como a nível de pré-dimensionamento.
- **Resistência por unidade de comprimento**. A resistência em Ω/Km do condutor.
- **Reactância por unidade de comprimento**. A reactância em Ω_r/Km do condutor. Este valor é opcional no caso de redes de baixa tensão e pode ser 0.
- **Intensidade admissível**. Indica em amperes (A) a intensidade máxima em regime permanente que o cabo pode suportar.

Secções maiores proporcionam quedas de tensão menores nos condutores e incrementam a intensidade máxima admissível, mas encarecem o custo da instalação, já que se incrementa com a secção o volume total de metal condutor.

1.3.2.2.4. Incremento de comprimento

É possível incrementar uma percentagem o comprimento resistente do cabo em relação ao seu comprimento real, embora esta prática não seja habitual e apenas se justifica em casos especiais.

1.3.3. Cálculo (Opção: Calcular)

Uma vez recolhidos os dados de partida, procede-se ao cálculo da instalação, de acordo com os tipos de cabos, secções, potências e tensão de abastecimento.

Para tal, utiliza-se a formulação e o método de resolução que se pormenorizam a seguir.

1.3.3.1. Formulação

1.3.3.1.1. Cálculo eléctrico em regime permanente

No cálculo de instalações eléctricas utiliza-se para a resolução do sistema de equações, seja malhado, ramificado ou misto, o método dos elementos finitos de forma discreta.

Como cargas, utilizam-se as potências consumidas em cada um dos nós, juntamente com o cos φ local em tal consumo. Para obter a intensidade consumida no nó utiliza-se:

$$I_{Trifasica} = \frac{P}{\sqrt{3} U_n \cos\varphi_{nó}}$$

$$I_{Monofasica} = \frac{P}{U_n \cos\varphi_{nó}}$$

onde:

I: Intensidade consumida no nó (A)

P: Potência pedida (W)

U_n: Tensão nominal da instalação. Para instalações trifásicas utiliza-se a tensão composta

$\cos\varphi_{nó}$: Factor de potência da carga. Geralmente utilizar-se-á na medida do possível o mesmo factor de potência que se utiliza a nível geral para toda a obra. Pode-se modificar pontualmente para penalizar o consumo de potência em nós com cos φ piores.

Para a resolução de cada um dos segmentos da instalação calculam-se as quedas de tensão, entre dois nós ligados por um tramo, através da lei de Ohm para corrente alterna:

$$\Delta U_{Trifasica} = \sqrt{3}\ L\ \left(Rcos\ \varphi_{obra} + Xsen\ \varphi_{obra}\right)\ I$$

$$\Delta U_{Monofasica} = 2L\ \left(Rcos\ \varphi_{obra} + Xsen\ \varphi_{obra}\right)\ I$$

sendo:

ΔU: Queda de tensão ao longo do tramo (V)

L: Comprimento equivalente do tramo (m)

R: Resistência por unidade de comprimento do tramo (Ω/m)

$cos\varphi_{obra}$: Factor de potência global da obra

X: Reactância linear do tramo (Ωr/m)

$sen\varphi_{obra}$: Factor de potência reactiva global da obra

I: Intensidade circulante pelo tramo (A)

1.3.3.1.2. Cálculo da corrente máxima de curto-circuito em tramos

Este tipo de curto-circuito apenas se calcula em redes ramificadas e com um só abastecimento.

Calcula-se para cada tramo a intensidade de curto-circuito que deve suportar, provocando um curto-circuito no nó mais próximo da fonte de alimentação.

Este curto-circuito gera a máxima intensidade que deve suportar o cabo do tramo, já que um curto-circuito em qualquer outro ponto do cabo deveria contar com a impedância da parte do tramo abarcada pelo curto-circuito, reduzindo a intensidade.

Desta maneira verifica-se um curto-circuito justamente no ponto imediatamente depois do nó.

Para o calcular recorre-se a:

$$I_{cc} = \frac{U_n}{\sqrt{3}\sqrt{\left(R_{cc} + R\right)^2 + \left(X_{cc} + X\right)^2}}$$

$$R_{cc} = \frac{\varepsilon_{Rcc}\ U_n^2}{S_n}$$

$$X_{cc} = \frac{\varepsilon_{Xcc}\ U_n^2}{S_n}$$

$$\varepsilon_{cc} = \sqrt{\varepsilon_{Rcc}^2 + \varepsilon_{Xcc}^2}$$

sendo:

I_{cc}: Intensidade de curto-circuito (A)

U_n: Tensão nominal é a que existe na instalação um instante antes de se produzir o curto-circuito (V)

R_{cc}: Resistência de curto-circuito do transformador (Ω)

X_{cc}: Reactância de curto-circuito do transformador (Ω_r)

ε_{cc}, ε_{Rcc}, ε_{Xcc}: Percentagens de tensão de curto-circuito. Especificam-se nas características do transformador. Expressam-se em % mas utilizam-se na formulação directamente.

R: Resistência dos cabos que formam o caminho desde a fonte de alimentação até ao nó onde se produz o curto-circuito (Ω)

X: Reactância dos cabos que formam o caminho desde a fonte de alimentação até ao nó onde se produz o curto-circuito (Ω_r)

S_n: Potência do transformador (VA)

1.3.3.1.3. Cálculo da corrente de curto-circuito mínima

Este tipo de curto-circuito apenas se calcula em redes ramificadas e com um só abastecimento. Calcula-se para conhecer a sensibilidade mínima das protecções que devem proteger a instalação. Considera-se o curto-circuito no ponto mais afastado de cada ramal, isto é, o que produz uma intensidade menor quando se gera um curto-circuito.

Para o calcular recorre-se à fórmula:

$$I_{cc} = \frac{U_n}{\sqrt{3}\sqrt{(R_{cc}+R)^2+(X_{cc}+X)^2}}$$

$$R_{cc} = \frac{\varepsilon_{Rcc}\, U_n^2}{S_n}$$

$$X_{cc} = \frac{\varepsilon_{Xcc}\, U_n^2}{S_n}$$

$$\varepsilon_{cc} = \sqrt{\varepsilon_{Rcc}^2 + \varepsilon_{Xcc}^2}$$

sendo:

I_{cc}: Intensidade de curto-circuito (A)

U_n: Tensão nominal, é a tensão que existe na instalação um instante antes de se produzir o curto-circuito) (V)

R_{cc}: Resistência de curto-circuito do transformador (Ω)

X_{cc}: Reactância de curto-circuito do transformador (Ω_r)

ε_{cc}, ε_{Rcc}, ε_{Xcc}: Percentagens de tensão de curto-circuito. Vêm especificados nas características do próprio transformador (geralmente no seu protocolo de testes). Expressam-se em % mas utilizam-se na formulação directamente.

R: Resistência dos cabos que formam o caminho desde a fonte de alimentação até ao nó onde se produz o curto-circuito (Ω)

X: Reactância dos cabos que formam o caminho desde a fonte de alimentação até ao nó onde se produz o curto-circuito (Ω_r)

S_n: Potência do transformador (VA)

1.3.3.1.4. Curto-circuito nos bornes do primário do transformador

Para cada nó de alimentação da rede calculam-se as correntes de curto-circuito que geraria um curto-circuito nos bornes do primário do transformador. Esta intensidade permite calcular a linha de alimentação requerida para o transformador.

Para isso, utiliza-se a fórmula:

$$I_{cc,p} = \frac{S_R}{\sqrt{3}U_p}$$

onde:

$I_{cc,p}$: Intensidade permanente de curto-circuito no primário(A)

S_R: Potência de curto-circuito da rede eléctrica. Os valores usuais devem rondar os 350 MVA, ou superiores. Este valor é fornecido pelos serviços técnicos da companhia eléctrica fornecedora (VA)

U_p: Tensão nominal do primário do transformador (V)

A intensidade obtida seria a **intensidade permanente de curto-circuito**, que se utiliza para o estudo dos efeitos a nível térmico.

Calcula-se a **intensidade máxima de curto-circuito**, que aparece no instante inicial, como:

$$I_{cc,max} = 25\ I_{cc,p}$$

A intensidade de curto-circuito máxima permite estudar fenómenos de tipo electrodinâmico.

1.3.3.1.5. Curto-circuito nos bornes do secundário do transformador

Para cada nó de alimentação da rede, calculam-se as correntes de curto-circuito que geraria um curto-circuito nos bornes do primário do transformador.

Este cálculo tem duas variantes:

- **Supondo potência infinita no primário.** Proporciona valores maiores de intensidade de curto-circuito.
- **Supondo potência finita no primário**. Obtêm-se intensidades de curto-circuito menores.

Para isso, no caso de potência infinita, utiliza-se a fórmula:

$$I_{cc,\,s} = \frac{U_n}{\sqrt{3}\sqrt{R_{cc}^2 + X_{cc}^2}} = \frac{U_n}{\sqrt{3}Z_{cc}}$$

$$R_{cc} = \frac{\varepsilon_{Rcc}\, U_n^2}{S_n}$$

$$X_{cc} = \frac{\varepsilon_{Xcc}\, U_n^2}{S_n}$$

$$\varepsilon_{cc} = \sqrt{\varepsilon_{Rcc}^2 + \varepsilon_{Xcc}^2}$$

sendo:

$I_{cc.s}$: Intensidade de curto-circuito no secundário (A)

U_n: Tensão nominal, que é a tensão que existe na instalação um instante antes de se produzir o curto-circuito) (V)

R_{cc}: Resistência de curto-circuito do transformador (Ω)

X_{cc}: Reactância de curto-circuito do transformador (Ω_r)

ε_{cc}, ε_{Rcc}, ε_{Xcc}: Percentagens de tensão de curto-circuito. Vêm especificados nas características do próprio transformador (geralmente no seu protocolo de testes). Expressam-se em %, mas utilizam-se na formulação directamente.

S_n: Potência do transformador (VA)

No caso de supor uma potência finita no primário:

$$Z_t = I + \left(\frac{\varepsilon_{cc} S_R}{S_n} \right)$$

$$S_{cc} = \frac{S_R}{Z_t}$$

$$I_{cc,s} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3}U_n}$$

onde S_R é a potência de curto-circuito da rede eléctrica. Este valor é fornecido pelos serviços técnicos da companhia eléctrica fornecedora. Os valores devem rondar os 350 MVA ou superiores (VA).

A intensidade obtida seria a **intensidade permanente de curto-circuito**, que se utiliza para o estudo dos efeitos a nível térmico. Calcula-se a **intensidade máxima de curto-circuito**, que aparece no instante inicial, como:

$$I_{cc,max} = 2.5\ I_{cc,s}$$

A intensidade de curto-circuito máxima permite estudar fenómenos de tipo electrodinâmico.

1.3.3.2. Instalações com consumos distribuídos

Para a resolução de um tramo com consumo uniforme, realiza-se uma discretização das potências requeridas por metro linear em pequenos consumos pontuais.

A introdução desta discretização incrementa o número de nós que tem a instalação e, consequentemente, o número de equações do sistema. Isto implica um aumento no tempo de cálculo similar ao produzido pela introdução manual de cada um dos nós gerados por essa discretização.

Uma vez obtida a solução do sistema de equações para os subtramos, obtém-se uma intensidade variável linearmente com o comprimento do tramo e uma curva correspondente à tensão.

Deve-se ter em conta que existe a possibilidade de encontrar tramos percorridos pela intensidade em dois sentidos, nos quais o consumo distribuído é levado desde os dois nós extremos do tramo, encontrando ao longo do mesmo, um ponto de intensidade nula, correspondente a uma tensão mínima (máxima queda no tramo).

1.3.3.3. Resolução do sistema malhado

Para resolver o sistema malhado, utiliza-se uma variante do método dos elementos finitos discretizado.

Considera-se o modelo do condutor como uma matriz de rigidez $|K|$ para cada um dos elementos da rede:

$$[K] = G^{(e)} \cdot \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$$

sendo $G^{(e)}$ o factor que relaciona a queda de tensão no elemento 'e' com a intensidade circulante de forma linear. Denominar-se-á $G^{(e)}$ o factor de rigidez do elemento "e".

Realiza-se posteriormente a união das matrizes de rigidez da instalação numa única matriz, cuja resolução se aborda por métodos matriciais.

Graças a este método, é possível resolver indistintamente sistemas malhados, ramificados ou mistos, com um ou vários pontos de fornecimento em tensão fixa.

1.3.3.4. Dimensionamento (Opção: Dimensionar)

Se, depois de efectuar o cálculo, existirem tramos e/ou nós que não cumpram com todas as limitações impostas, pode-se recorrer a um pré-dimensionamento óptimo automático.

Devido à complexidade no comportamento de sistemas malhados, o pré-dimensionamento deve-se realizar pelo método de prova e rectificação.

Ao pré-dimensionar, o programa tratará de optimizar e seleccionar a secção mínima que cumpra todas as restrições (intensidade, queda de tensão).

Para iniciar o dimensionamento, estabelece-se a secção de cada um dos tramos ao menor da série do material atribuído.

> ► *Não se alterará durante o dimensionamento o material do tramo, uma vez que as variações no material utilizado numa obra devem ser limitações impostas ao projecto por factores externos ou normas.*

O cálculo desta primeira iteração proporciona uma série de desvios sobre os limites estabelecidos em intensidades admissíveis e quedas de tensão.

Incrementa-se a secção do tramo que se encontra em piores condições, isto é, cujo desvio sobre a intensidade admissível seja maior.

Uma vez determinados os tramos, verifica-se se existem nós que não cumpram a condição de queda de tensão. No caso de existir, modificar-se-á a secção dos cabos mais carregados, isto é, aqueles com uma queda de tensão unitária maior ($\Delta U/L$).

1.3.3.5. Unidades

O programa solicita os dados numa série de unidades, embora internamente utilize as unidades requeridas pela formulação. As unidades utilizadas mostram-se na seguinte tabela:

Variável	Dados e resultados	Operação
L (Comprimento)	Metros (m)	Metros (m)
S (Secção de condutor)	Milímetros quadrados (mm^2)	Metros quadrados (m^2)
R (Resistência)	Ohm por quilómetro (Ω/Km)	Ohm por metro (Ω/m)
X (Reactância)	Ohm por quilómetro (Ω/Km)	Ohm por metro (Ω/m)
I (Intensidade)	Ampere (A)	Ampere (A)
V (Tensão Eléctrica)	Volt (V)	Volt (V)
P (Potência activa)	Kilowatt (KW)	Watt (W)
Z_{cc}, R_{cc}, X_{cc} (Impedimento de curto-circuito)	Mili Ohm ($m\Omega$)	Ohm (Ω)
ε (Tensões de curto-circuito)	% (Tanto por cento)	Tanto por um
S_n, S_p (Pot. Transformador, Pot. Curto-circuito)	Mega Volt-ampere (MVA)	Volt-ampere

Tabela 1.14

1.4. De Gás

1.4.1. Introdução

O objectivo fundamental no dimensionamento de uma rede de distribuição é fazer chegar o gás a cada ponto de abastecimento.

O problema pode abordar-se de dois pontos de vista diferentes, a saber:

- **Dimensionamento**. É o caso mais habitual, no qual a partir de uma série de dados de consumo se deseja obter os diâmetros adequados das condutas de gás.
- **Verificação**. A partir de uma rede já dimensionada, deseja-se conhecer se cumpre as limitações de projecto impostas ou consideradas pelo critério do técnico.

Quer se deseje dimensionar, quer verificar, é necessário ter em conta os seguintes aspectos:

- **As condições de chegada do gás aos pontos de abastecimento**. É necessário respeitar uma série de condicionantes, como as pressões nos pontos de abastecimento ou a sua velocidade.
- **Facilidade de construção**. A utilização de materiais, diâmetros e outros elementos facilmente disponíveis no mercado, que se ajustem às normas tanto nas suas dimensões, como no seu comportamento.
- **Manutenção**. Conseguir um bom funcionamento da rede para evitar uma excessiva e custosa manutenção correctiva, ao mesmo tempo que se facilita a manutenção preventiva, é fundamental.
- **Economia**. Não serve apenas fazer com que a rede funcione. Esta deve comportar, além disso, um custo razoável, evitando quanto possível, sobredimensionar.

Uma vez recolhidos todos os dados necessários, efectua-se o cálculo em relação à formulação adequada em cada caso.

1.4.2. Dados prévios

1.4.2.1. Condições do fornecimento

São necessários vários dados para calcular uma rede. Estes dados são, definitivamente, os que marcarão o comportamento da mesma.

1.4.2.1.1. Consumos

Geralmente, esta é a principal condicionante no funcionamento da rede.

O caudal a fornecer em cada um dos nós da rede deve estimar-se baseando-se no tipo de abastecimento.

Opcionalmente, o consumo num determinado nó pode expressar-se, no caso de redes com gases combustíveis, sob a forma de potência calorífica necessária no nó, para o que se deverá fornecer o poder calorífico superior do gás.

Deve-se ter em conta não apenas os habitantes actuais das zonas que se deseja urbanizar, mas também realizar uma previsão de um possível crescimento da população que se teria de abastecer a partir da rede que se está a calcular.

De forma orientadora, pode-se calcular a população futura como:

$$P = P_a(1+\alpha)^t$$

sendo:

P: A população futura

P_a: População do último censo

α: Taxa de crescimento da população

t: Tempo decorrido desde o último censo

Em alguns casos, pode ter interesse a utilização de um coeficiente que incremente ou reduza, de forma geral, os consumos de uma rede. Desta forma é possível simular funcionamentos sazonais ou com menores ocupações. Este coeficiente apenas se aplica no momento de cálculo sobre os caudais consumidos nos nós.

1.4.2.1.2. Consumos distribuídos

Em casos especiais pode ser de grande utilidade no dimensionamento simular os consumos da rede como distribuídos linearmente ao longo de um tramo de conduta.

Isto dá uma primeira estimativa na resolução de redes com consumos similares fornecidos ao longo de um tramo longo de conduta.

Nos resultados gráficos pode-se verificar a partir de que ponto não se cumprem os requisitos de pressão estabelecidos para a obra, para desdobrar o tramo em dois com diâmetros mais adequados.

O consumo de caudal ou potência uniforme deve-se indicar em unidades por metro linear de conduta.

1.4.2.1.3. Alimentação da rede

Uma rede de gás recebe alimentação por um ou vários pontos. Tais pontos podem ser abastecimentos de rede procedentes da entidade fornecedora.

Esta entidade deverá indicar em cada caso o valor da pressão de abastecimento, assim como a pressão mínima a obter nos pontos de abastecimento.

> ► *Ao ser possível a introdução numa rede de vários pontos de alimentação, com diferentes pressões, podem produzir-se circulações entre pontos de alimentação da rede.*

Com efeito, duas alimentações com pressões diferentes podem produzir circulações entre eles, devido à diferença de pressão. Se não existir entre eles uma carga suficientemente grande para atenuar esta diferença, pode produzir-se um transvase de gás de um para o outro. Para evitar as circulações, podem tomar-se as seguintes medidas:

- Evitar quanto possível um grande número de nós de abastecimento e, no caso de ser necessário colocar vários destes pontos, deverão estar o mais separados possível.
- Evitar quanto possível grandes diferenças de pressão entre os nós de abastecimento. Pode-se supor que a rede da entidade distribuidora é suficientemente extensa e que está desenhada para fornecer pressões similares em todos os pontos.

Pode acontecer, ainda assim, que se deseje fazer o cálculo com circulações de gás entre pontos de abastecimento, mas convém ter em conta que este tipo de comportamento pode falsear o dimensionamento de condutas.

1.4.2.1.4. Velocidade nas condutas

Uma das principais limitações ao dimensionar uma rede de condutas de gás é a velocidade do fluido nas mesmas.

Não deve ultrapassar a velocidade máxima regulamentar, embora a fórmula de Renouard tenha validade até aos 30 m/s.

1.4.2.1.5. Pressões nos pontos de abastecimento

Quando se dimensiona uma rede de abastecimento de gás é necessário assegurar nos pontos de abastecimento uma pressão disponível mínima, que

depende da pressão de abastecimento e das necessidades próprias dos consumos.

1.4.2.2. Condutas

O funcionamento de uma rede de abastecimento de gás depende em grande medida do tipo e tamanho das condutas utilizadas.

1.4.2.2.1. Materiais

Devido à baixa densidade dos gases que circulam, pode-se ignorar a influência do material e o seu acabamento no cálculo do gás, tomando-se em conta apenas como método de identificação.

1.4.2.2.2. Diâmetros

O tratamento dos materiais realiza-se através da utilização de bibliotecas, das quais se obtêm os materiais a utilizar nas obras. Cada um destes materiais ocasiona uma série de diâmetros. Estas bibliotecas são definíveis pelo utilizador, que pode retirar ou acrescentar diâmetros à série.

Para cada material, existem séries pré-definidas de diâmetros normalizados. Estes têm, habitualmente, a anotação 'DN' juntamente com a dimensão aproximada do seu diâmetro em milímetros.

► *Um 'DNx' não significa que o diâmetro interior da conduta seja de x milímetros. Provavelmente é menor, mas deve consultar-se em qualquer caso.*
Os materiais pré-definidos procedentes das bibliotecas contemplam esta diferença e pode-se consultar directamente na própria biblioteca ou ao atribuir o diâmetro a cada tramo.
Para os materiais criados ou editados, deve ser o próprio utilizador a designar o diâmetro interior da conduta.

É habitual no gás utilizar a denominação de diâmetros por polegadas, embora se deva anotar que o número de polegadas também não indica exactamente o diâmetro interior e deve ser tomado como uma denominação.

Diâmetros maiores proporcionam perdas de carga menores nas condutas e diminuem a velocidade de circulação, mas encarecem o custo da rede.

1.4.2.2.3. Consideração de elementos especiais

Devido a necessidades construtivas ou de controle, as redes de abastecimento de gás requerem a utilização de elementos especiais diferentes das tubagens.

Para poder ter em conta as perdas de carga sofridas nestes elementos, é uma prática habitual no âmbito do cálculo, incrementar uma percentagem ao comprimento físico dos tramos para conseguir um comprimento que inclua estas perdas de carga localizadas.

Por isso, é possível definir uma percentagem de incremento do comprimento para simular estas perdas. Este incremento de comprimento apenas se aplica no momento de cálculo, não na medição da tubagem.

Um valor recomendado na prática é 20% de incremento.

1.4.2.3. Escavações

As condutas de gás em distribuição e urbanização instalam-se enterradas.

Para isso, deve-se escavar valas para acolher as condutas. A forma da vala, o volume de escavação e outra série de factores podem ter interesse para calcular uma rede.

1.4.2.3.1. Características do terreno

A forma como será escavada a vala depende em grande medida das características do terreno onde se enterrará a conduta. Para isso devem-se conhecer os terrenos nos quais se vai escavar e algumas características próprias do processo de instalação da conduta:

- **Talude**. É a máxima inclinação de uma parede escavada num terreno com a solidez suficiente para não se desmoronar. Deve-se expressar em metros de abertura horizontal por cada metro escavado verticalmente.
- **Distância lateral**. Distância mínima que se deverá separar a conduta das paredes da vala.
- **Largura mínima**. Por algum tipo de limitações mecânicas, não se podem construir valas com larguras excessivamente pequenas. No caso da conduta ser de pequeno diâmetro e juntamente com as distâncias laterais não se completar ou superar a largura mínima, toma-se esta largura mínima como largura de cálculo.
- **Leito**. Distância entre a soleira da vala e a base da conduta. Normalmente enche-se com areia, embora também seja possível encontrar leitos de betão em alguns casos.
- **Enchimento**. Uma vez depositada a conduta sobre o leito, enche-se com areia até cobrir a conduta. Denominar-se-á distância de enchimento a espessura de areia por cima da conduta.

1.4.2.3.2. Medição

Para realizar o cálculo da escavação, é necessário dispor de informação sobre as profundidades de escavação. Deve-se dispor, portanto, de:

- **Cota do nó**. É a cota da parte inferior da conduta em cada um dos nós da rede.
- **Cota do terreno**. É a cota na qual fica o terreno modificado, isto é, o terreno uma vez terraplenado, sobre o qual se vai realizar a escavação.
- **Cota da rasante**. É a cota na qual ficará a superfície depois de ter fechado as valas e construído o pavimento sobre o terreno.

É habitual que a espessura do pavimento seja constante para toda a obra, pelo que apenas seriam necessárias as cotas de rasante, deduzindo o terreno como a cota de rasante menos a espessura do pavimento. Se não existir pavimento (espessura = 0), coincidirão rasante e terreno.

Tudo isto é válido em obras novas, já que se se tratar de reparações ou modificações sobre ruas já existentes, podem existir diferenças na medição, ao existir dois estratos de características diferentes para efeitos de escavação.

1.4.2.3.3. Limitações

Devido à situação debaixo da terra de diferentes tipos de instalações (electricidade, água, gás, telefones ...), deve existir uma limitação de **profundidade mínima** que se deve respeitar para evitar colisões com outras instalações.

Esta profundidade mínima mede-se a partir da cota de rasante até à aresta superior da face interior da conduta.

Respeitando estas profundidades mínimas, contribui-se para que em futuras escavações não se produzam rupturas acidentais da conduta.

1.4.3. Cálculo (Opção: Calcular)

Uma vez recolhidos os dados de partida, procede-se ao cálculo da rede, de acordo com os tipos de condutas, diâmetros, caudais pedidos e pressões de

fornecimento. Para tal, utiliza-se a formulação e o método de resolução que se pormenorizam a seguir.

1.4.3.1. Formulação

No caso de redes de gás, utiliza-se para a resolução do sistema de equações, seja malhado, ramificado ou misto, o método dos elementos finitos de forma discreta.

No caso de fornecer o consumo nos nós em forma de potência calorífica, obtém-se o caudal através da fórmula:

$$Q = \frac{P}{PCS}$$

sendo:

Q: Caudal de gás pedido no nó (m^3/h)

P: Potência calorífica pedida no nó (W)

PCS: Poder calorífico superior do gás ($W.h/m^3$)

Para a resolução de cada um dos segmentos da rede calculam-se as quedas de pressão, entre dois nós ligados por um tramo, através da fórmula de Renouard:

$$P \leq 0.1 \text{ bar} \Rightarrow \Delta P = CR_1 \cdot \rho_r \cdot L \cdot D^{-4.82} \cdot Q^{1.82}$$

$$P > 0.1 \text{ bar} \Rightarrow P_1^2 - P_2^2 = CRq \cdot \rho_r \cdot L \cdot D^{-4.82} \cdot Q^{1.82}$$

sendo:

P1, P2: Pressões absolutas do gás nos dois pontos inicial e final do tramo (bar)

CR_1: Coeficiente constante da fórmula de Renouard linear. O seu valor toma-se habitualmente 23.2

CR_q: Coeficiente constante da fórmula de Renouard quadrática. O seu valor toma-se habitualmente 48.66 para pressões entre 0.1 e 4 bar, tomando 51.5 para pressões até aos 16 bar.

ρ_r: Densidade relativa do gás utilizado. Para o gás natural, pode oscilar entre 0.55 e 0.65

L: Comprimento da conduta (m)

D: Diâmetro interior da conduta (mm)

Q: Caudal que circula pela conduta (m3/h)

O cálculo da velocidade realiza-se através de:

$$v = \frac{C_v \cdot Q \cdot Z}{P \cdot D^2}$$

onde:

C_v: É um factor constante. O seu valor habitual é 354, embora para pressões superiores aos 4 bar se utilize o valor 378

Z: Factor de compressibilidade do gás. Abaixo dos 5 bar absolutos pode-se considerar 1.

► *A fórmula de Renouard não tem validade para valores de P1 e P2 menores que 0.*

Com efeito, a fórmula de Renouard quadrática proporciona o mesmo valor de caudal, tanto se P1 for igual a 1 bar e P2 igual a 0.5 bar, como no caso em que P2 seja igual a - 0.5 bar.

A fórmula de Renouard quadrática tem uma zona na qual não está definida biunivocamente e, portanto, a sua evolução não é válida.

Nessa zona, com valores negativos de alguma das duas pressões, aproxima-se o valor com uma ponderação entre a fórmula quadrática e a linear, pelo que os **resultados não podem ser considerados fiáveis**. Este valor apenas dá uma ideia de se a diferença de pressão sobre o limite estabelecido é grande ou pequena.

A fórmula de Renouard é válida abaixo dos 30 m/s. Para velocidades maiores, os resultados são apenas orientadores.

1.4.3.2. Condutas com consumos distribuídos

Para a resolução de um tramo com consumo uniforme, realiza-se uma discretização dos caudais ou potências

requeridas por metro linear em pequenos consumos pontuais.

A introdução desta discretização incrementa o número de nós que a rede tem, e consequentemente, o número de equações do sistema. Isto implica um aumento no tempo de cálculo, similar ao produzido pela introdução manual de cada um dos nós gerados por essa discretização.

Uma vez obtida a solução do sistema de equações para os subtramos, obtém-se um caudal e uma velocidade variável linearmente com o comprimento do tramo e a curva correspondente de pressões, que poderá variar em função de se a conduta tem chegada de caudal pelos dois extremos, etc.

Este último caso provoca que o tramo seja percorrido pelo fluxo nos dois sentidos, encontrando ao longo do mesmo um ponto de caudal e velocidade nula, correspondente a uma pressão mínima (máxima queda no tramo).

1.4.3.3. Resolução do sistema malhado

Para resolver o sistema malhado, utiliza-se uma variante do método dos elementos finitos discretizado.

Considera-se o modelo da conduta como uma matriz de rigidez [K]para cada um dos elementos da rede:

$$[K] = G^{(e)}.\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$$

onde:

$G^{(e)}$ é o factor que relaciona a queda de pressão no elemento "e" com o caudal circulante de forma linear. $G^{(e)}$ denominar-se-á factor de rigidez do elemento "e".

Realiza-se posteriormente a união das matrizes de rigidez da rede numa única matriz, cuja resolução se aborda por métodos matriciais.

Graças a este método, é possível resolver indistintamente sistemas malhados, ramificados ou mistos, com um ou vários pontos de fornecimento em pressão fixa.

1.4.3.4. Dimensionamento (Opção: Dimensionar)

Se, depois de efectuar o cálculo, existirem tramos e/ou nós que não cumpram com todas as limitações impostas, pode-se recorrer a um pré-dimensionamento óptimo automático.

Devido à complexidade no comportamento de sistemas malhados, aliado à falta de linearidade e necessidade de iteração que apresentam as redes de gás, o dimensionamento deve-se realizar pelo método de prova e rectificação.

Ao pré-dimensionar, o programa tratará de optimizar e seleccionar o diâmetro mínimo que cumpra todas as restrições (velocidade, pressão).

Para iniciar o dimensionamento, estabelece-se o diâmetro de cada um dos tramos ao menor da série do material atribuído.

> ► *Não se alterará durante o dimensionamento o material do tramo, uma vez que as variações no material utilizado numa obra podem ser limitações impostas ao projecto por factores externos ou normas.*

O cálculo desta primeira iteração proporciona uma série de desvios sobre os limites estabelecidos em velocidades e pressões.

Aumenta-se o diâmetro do tramo que se encontrar em piores condições, isto é, cujo desvio sobre os limites de velocidade seja o maior.

Depois de os tramos cumprirem as condições, verifica-se se existem nós que não cumpram as condições de pressão mínima. No caso de existir, modificar-se-á o diâmetro das condutas mais carregadas, isto é, aquelas com uma perda de carga unitária maior.

1.4.3.5. Unidades

O programa solicita os dados numa série de unidades, embora internamente utilize as unidades requeridas pela formulação. As unidades utilizadas mostram-se na seguinte tabela:

Variável	Dados e resultados	Operação
L (Comprimento)	metros (m)	metros (m)
D (Diâmetro)	milímetros (mm)	metros (m)
Q (Caudal)	metros cúbicos por hora (m^3/h)	metros cúbicos por hora (m^3/h)
P (Pressão)	bar (bar)	bar (bar)
Pt (Potência)	kW	W
v (Velocidade)	metros por segundo (m/s)	metros por segundo (m/s)

Tabela 1.16

2. Conceitos básicos

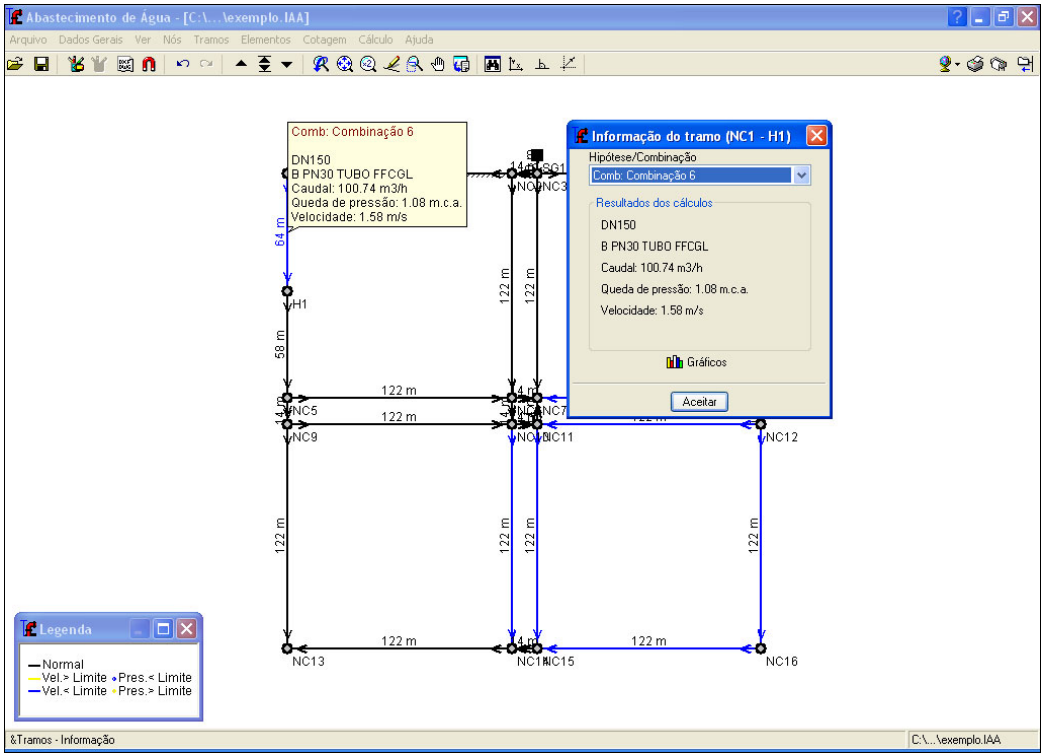


Fig. 2.1

2.1. Listagens

A forma de obter as listagens realiza-se com a opção **Arquivo > Imprimir > Listagens da obra**.

As listagens podem ser dirigidas para impressora (com vista preliminar opcional, ajuste de página, etc.) ou podem gerar-se ficheiros HTML, PDF, RTF e TXT.

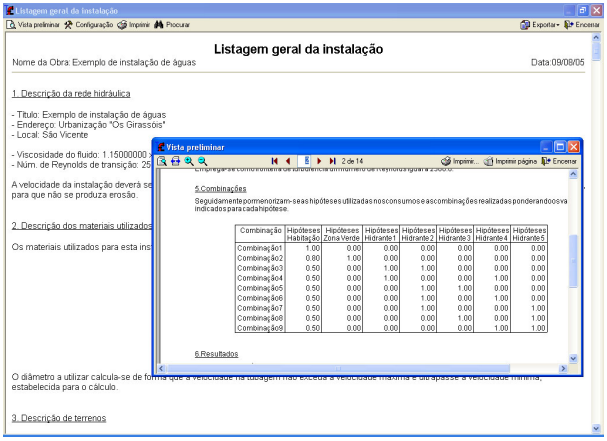


Fig. 2.2

2.2. Desenhos

A forma de obter os desenhos realiza-se com a opção **Arquivo > Imprimir > Desenhos da obra**.

Podem realizar-se as seguintes operações:

- A janela **Selecção de desenhos** permite acrescentar um ou vários desenhos para imprimir simultaneamente e especificar o periférico de saída: impressora, plotter, DXF ou DWG; seleccionar uma legenda (da **CYPE** ou qualquer outra definida pelo utilizador) e configurar as layers.

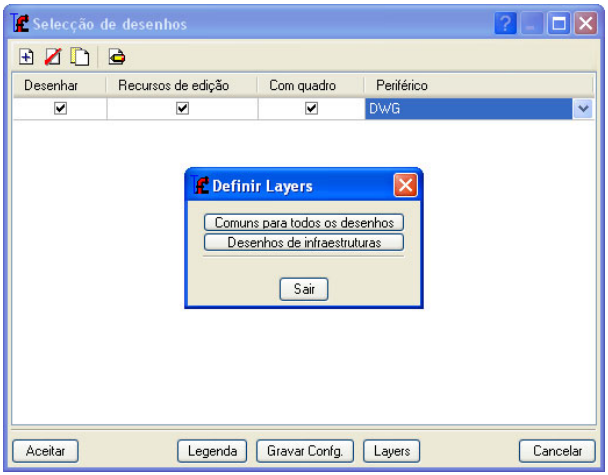


Fig. 2.3

- Em cada desenho configurar os elementos a imprimir, com possibilidade de incluir pormenores do utilizador previamente importados.

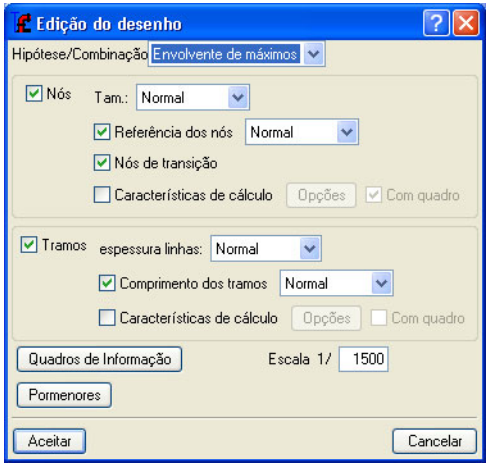


Fig. 2.4

- Modificar a posição de textos.

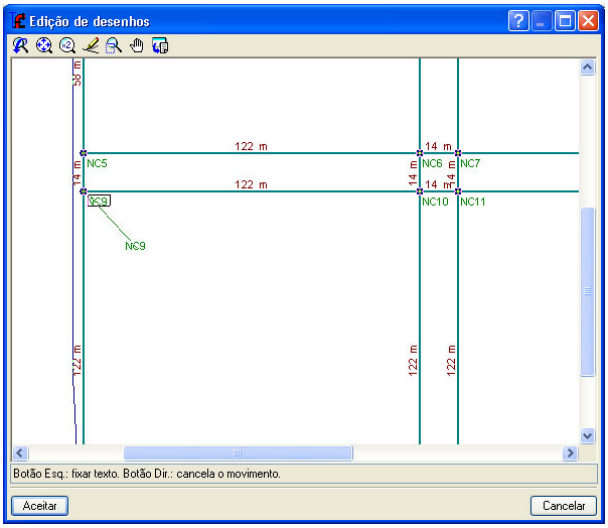


Fig. 2.5

- Recolocar os objectos dentro do mesmo desenho ou deslocá-los para outro.

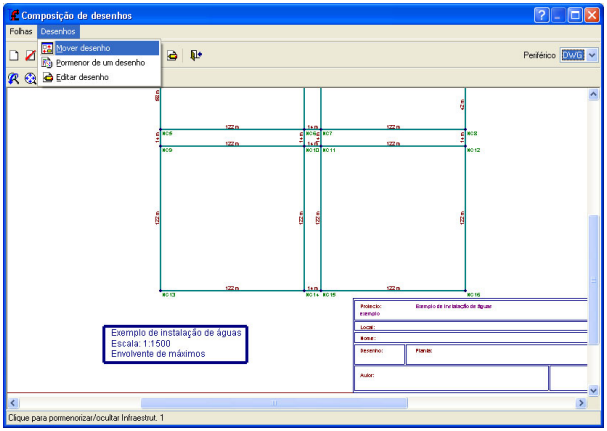


Fig. 2.6

3. Exemplos práticos

3.1. Abastecimento de Água

Nas páginas seguintes aborda-se o desenvolvimento de um exemplo prático que aconselhamos seguir passo a passo para a aprendizagem do manuseamento do programa. No exemplo seleccionado realiza-se o cálculo de uma rede de abastecimento de água.

Este exemplo pretende sobretudo apresentar uma metodologia para o cálculo e dimensionamento de **redes de abastecimento de água**. Nos casos de obras reais os utilizadores deverão obrigatoriamente consultar o regulamento de modo a definir os parâmetros de verificação de acordo com a obra em questão. Ou seja, para cada obra, o utilizador deverá rever todos os valores de defeito do programa, que se encontram na pasta **Dados gerais da instalação**, de modo que estes estejam de acordo com os requisitos regulamentares

Com o programa inclui-se esta obra de exemplo. Para aceder à mesma siga estes passos:

- Entre no programa.
- Prima **Arquivo** > **Gestão arquivos**. Abre-se a janela **Gestão arquivos**.
- Prima o botão **Exemplos**.

A seguir, já pode abrir o ficheiro de obra disponível na pasta: \CYPE Ingenieros\Exemplos\Abastecimento de água. A figura seguinte mostra a planta de distribuição de parcelas da qual se realizará o cálculo. A rede é de tipo malhado e considerar-se-ão os consumos de cálculo que se especificam a seguir.

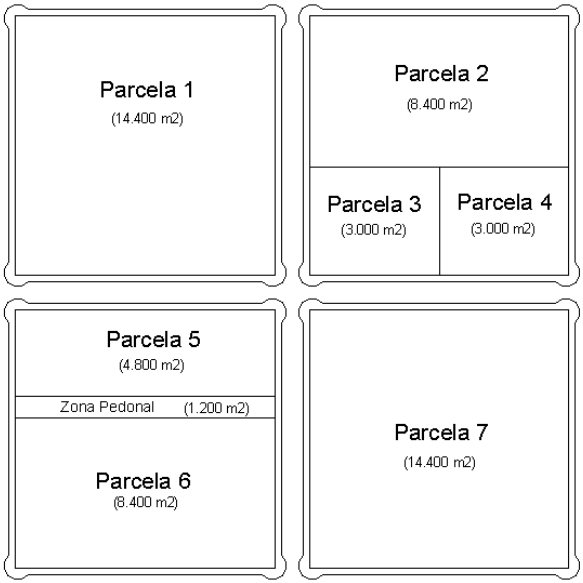


Fig. 3.1

Considere-se uma capitação de 0.01 l/habitante/s, incluindo já o factor de ponta. Considere-se ainda 4 habitantes por habitação. Obtém-se o seguinte caudal por habitação:

4 habitantes x 0.01 l/habitante/s = 0.04 l/s (0.144 m^3/h)

O caudal para bocas de rega em zonas verdes será de 1.5 l/s (5.4 m3/h) e prevêem-se 2 uds. O caudal de cada hidrante (boca de incêndio) é de 16.66 l/s (59.98 m3/h). A capitação para a zona comercial será de 7 l/s (25.2 m3/h) e para a zona escolar de 5 l/s (18.0 m3/h). Calcular-se-á a rede na sua totalidade em ferro fundido, começando com um diâmetro para toda ela de 80 mm, que é o mínimo estabelecido para a povoação.

As hipóteses simples de cálculo são:

- Habitações
- Zona verde
- Hidrante 1
- Hidrante 2
- Hidrante 3
- Hidrante 4
- Hidrante 5

Estabelecem-se as seguintes combinações de cálculo:

1. (Habitações). Com a capitação correspondente a todas as habitações (comercial + escolar + habitações)

2. (Hab. + Z.verde). Com a capitação correspondente a todas as habitações e colocação em funcionamento de duas bocas de rega para a zona verde com um caudal cada uma delas de 1.5 l/s.

3. (Hab. + Hidra.1 + Hidra.2). Com a capitação correspondente a todas as habitações e colocação em funcionamento de dois hidrantes simultaneamente (Hidrante 1 + Hidrante 2).

4. (Hab. + Hidra.1 + Hidra.4). Com a capitação correspondente a todas as habitações e colocação em funcionamento de dois hidrantes simultaneamente (Hidrante 1 + Hidrante 4).

5. (Hab. + Hidra.2 + Hidra.3). Com a capitação correspondente a todas as habitações e colocação em funcionamento de dois hidrantes simultaneamente (Hidrante 2 + Hidrante 3).

6. (Hab. + Hidra.2 + Hidra.4). Com a capitação correspondente a todas as habitações e colocação em funcionamento de dois hidrantes simultaneamente (Hidrante 2 + Hidrante 4)

7. (Hab. + Hidra.2 + Hidra.5). Com a capitação correspondente a todas as habitações e colocação em funcionamento de dois hidrantes simultaneamente (Hidrante 2 + Hidrante 5).

8. (Hab. + Hidra.3 + Hidra.5). Com a capitação correspondente a todas as habitações e colocação em funcionamento de dois hidrantes simultaneamente (Hidrante 3 + Hidrante 5).

9. (Hab. + Hidra.4 + Hidra.5). Com a capitação correspondente a todas as habitações e colocação em funcionamento de dois hidrantes simultaneamente (Hidrante 4 + Hidrante 5).

Os coeficientes de combinação para as hipóteses simples consideradas são os referidos na tabela 3.1.

Comb.	Hab.	Zona Verde	H1	H2	H3	H4	H5
1	1	0	0	0	0	0	0
2	0.8	1	0	0	0	0	0
3	0.5	0	1	1	0	0	0
4	0.5	0	1	0	0	1	0
5	0.5	0	0	1	1	0	0
6	0.5	0	0	1	0	1	0
7	0.5	0	0	1	0	0	1
8	0.5	0	0	0	1	0	1
9	0.5	0	0	0	0	1	1

Tabela 3.1

A rede de abastecimento de água que se vai introduzir pode-se ver na Fig. 3.2.

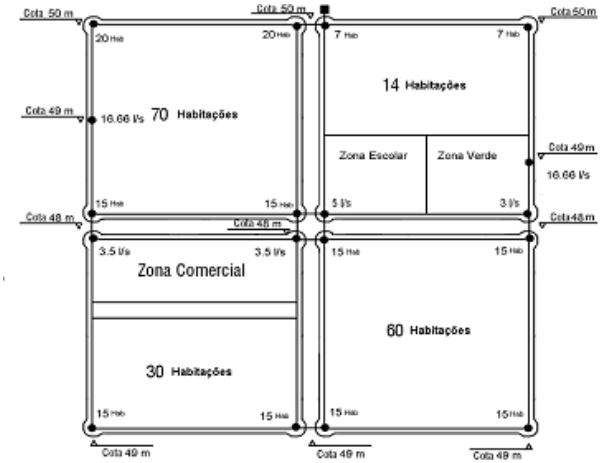


Fig. 3.2

3.1.1. Dados gerais

Active a opção **Arquivo** > **Novo**. Verá no ecrã a janela **Nova Obra**.

Introduza uma nome à obra.

Ao **Aceitar** abrir-se-á o diálogo **Dados Gerais da Instalação**.

3.1.1.1. Separador Geral

Comece por introduzir os dados gerais da instalação: título, endereço, local, data e notas.

Estes dados gerais da instalação aparecerão nas listagens dos resultados de cálculo.

Fig. 3.3

Faça clique no botão **Materiais** para seleccionar os materiais que intervirão na obra. Seleccione o material que se mostra na figura seguinte da **Biblioteca CYPE** e prima para o utilizar como material da obra.

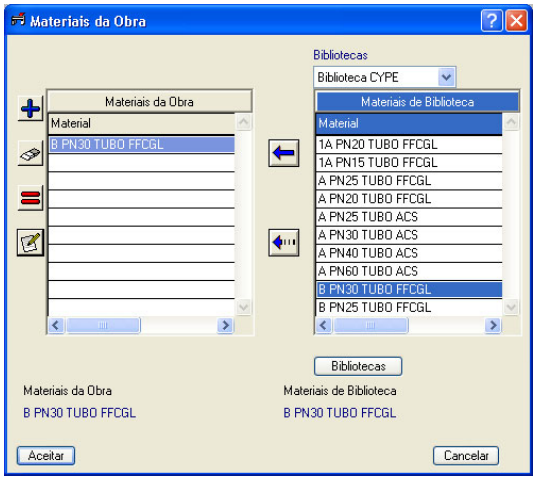


Fig. 3.4

Faça clique no botão **Terrenos** para seleccionar os que intervirão na obra. Seleccione o terreno que se mostra na figura seguinte da **Biblioteca CYPE** e prima o botão para o utilizar como terreno da obra.

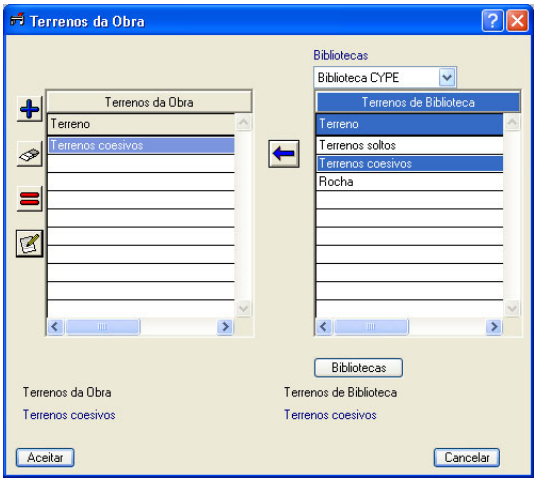


Fig. 3.5

3.1.1.2. Separador Parâmetros

A viscosidade do fluido deve ser de 1.15x10-6m^2/s. O nº de Reynolds de transição de 2500.

3.1.1.3. Separador Limites

Nesta pasta devem definir-se os valores limites regulamentares de acordo com a obra em questão. Considere-se neste caso a título de exemplo que a velocidade máxima nos tramos para qualquer combinação será de 2 m/s e a mínima de 0.3 m/s. A pressão máxima nos nós será de 50 m.c.a. e a mínima de 10 m.c.a.

3.1.1.4. Separador Coeficientes

O coeficiente de simultaneidade será de 1, o coeficiente de majoração de comprimentos será de 20%, a carga introduzir-se-á por capitação e será de 0.04 l/s/habitação (0.144 m^3/h/habitação).

Note-se que poderá seleccionar o sistema de unidades na opção **Geral** > **Configuração geral** > **Unidades**.

O prefixo de nó de consumo será NC, o de fornecimento geral SG e o de transição N.

3.1.1.5. Separador Escavações

A profundidade mínima de cota de rasante até à aresta superior da face interior da conduta será de 0.90 m, e a espessura do pavimento de 0.35 m.

Active a casa **Mostrar parâmetros de escavação**.

3.1.2. Hipóteses

Nas primeiras páginas deste capítulo especificaram-se as hipóteses, combinações e coeficientes que intervirão no cálculo da rede.

Prima **Dados Gerais** > **Editar Hipóteses**. Configure as hipóteses simples que se mostram a seguir.

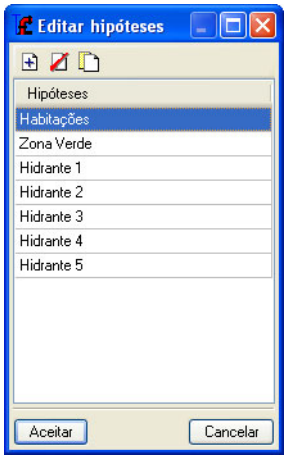


Fig. 3.6

3.1.3. Combinações

Prima **Dados Gerais** > **Editar Combinações**. Abrir-se-á uma janela onde se indicará o nome das combinações e coeficientes de combinação que se vão estabelecer para cada hipótese. Coloque os valores indicados na tabela de coeficientes de combinação para as hipóteses simples nas primeiras páginas deste capítulo.

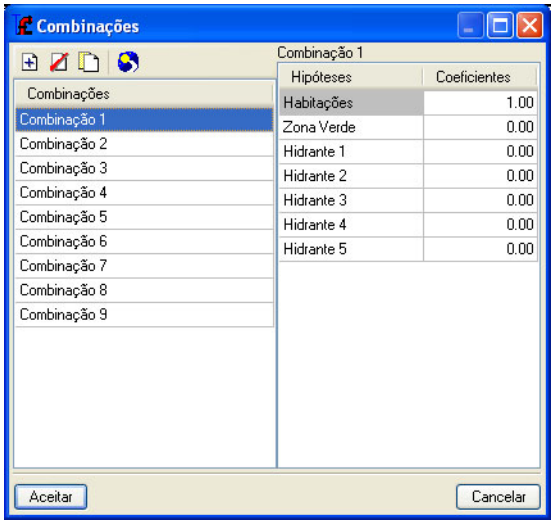


Fig. 3.7

3.1.4. Introdução da geometria

Como o mais cómodo é utilizar um DXF ou DWG que sirva de máscara para introduzir a geometria. Para instalar no seu disco o DXF deste exemplo, execute a opção **Arquivo** > **Importar** > **Exemplos para importação**.

A seguir, para importar o ficheiro DXF em formato próprio do programa siga estes passos:

- Seleccione o ícone **Editar Máscaras** da barra de ferramentas. Abrir-se-á a janela **Gestão de vistas de máscaras**.

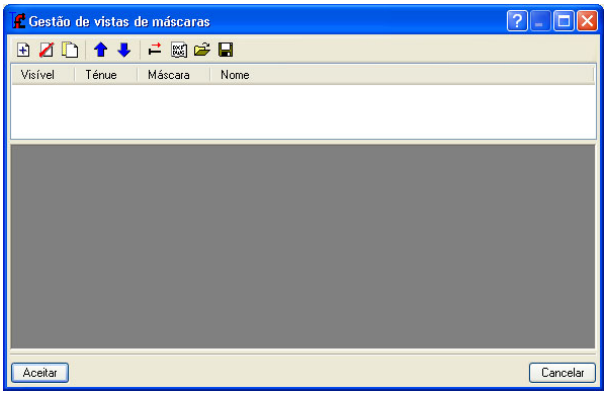


Fig. 3.8

- Prima o ícone **Acrescentar**. Abrir-se-á a janela **Selecção de máscaras a ler** e será pedido que seleccione o tipo DXF. Procure o ficheiro:

  \CYPE Ingenieros\Exemplos\Abastecimento de Água\agua.dxf. Seleccione-o e prima **Abrir**.

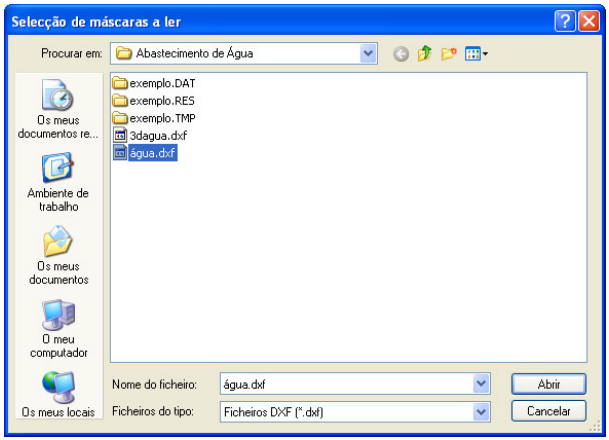


Fig. 3.9

- Prima **Aceitar** para voltar à janela **Gestão de vistas de máscaras** e prima **Aceitar** novamente para o visualizar no ecrã.

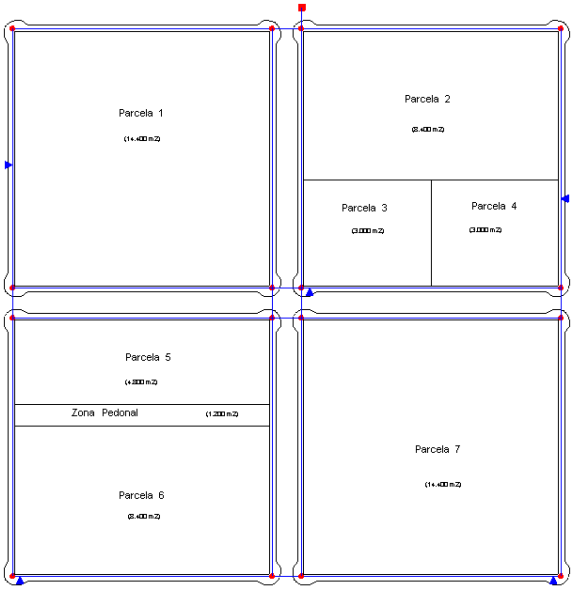


Fig. 3.10

Para a utilização das capturas prima na barra de ferramentas sobre **Capturas para máscaras** e active por exemplo **Intersecção** ou **Extremo**.

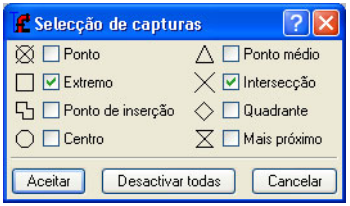


Fig. 3.11

Introduza os tramos com a opção **Tramos > Novo** e apoiando-se na máscara. Apesar de ao introduzir os tramos os nós mostrem umas referências que não são as da figura seguinte, pretendeu-se mostrar as referências definitivas para que sirvam de guia ao utilizador na posterior edição de nós.

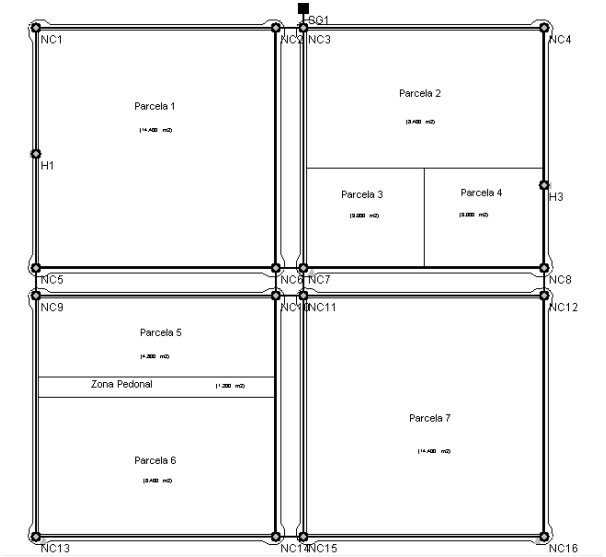


Fig. 3.12

Os nós criam-se por defeito como nós de transição, isto é, nós sem consumo que permitem realizar mudanças de direcção conservando a unidade do tramo no dimensionamento.

3.1.5. Edição de nós

Prima **Nós > Editar dados de cálculo**. Introduza os dados da figura seguinte no nó de fornecimento geral (SG1).

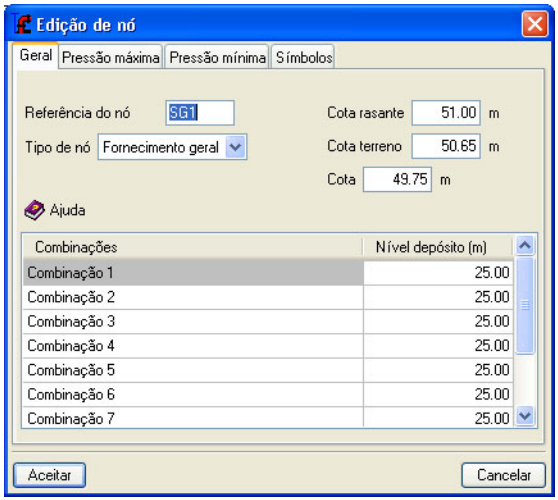


Fig. 3.13

Edite o nó de consumo NC1 e atribua-lhe uma carga **Por Capitação**. Prima o botão **Editar** para a hipótese 'Habitações' e introduza o número de unidades.

A capitação indica-se em **Dados gerais > Coeficientes** e é de 0,04 l/s/habitação ($0.144 m^3/h$/habitação). O número de unidades é o número de habitações a abastecer por nó; aqui, 20. Por isso, prima **Editar** e introduza os dados seguintes:

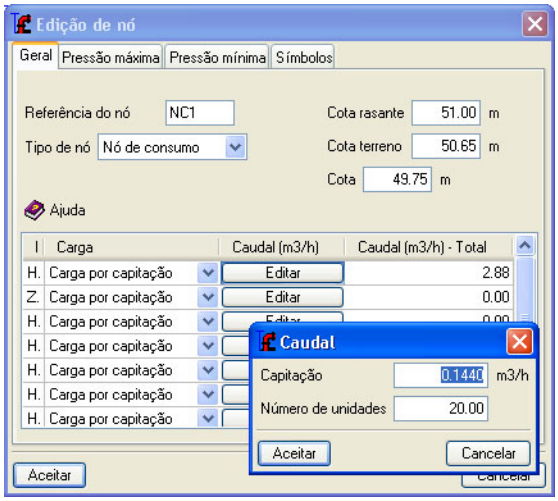


Fig. 3.14

No nó H1 (hidrante) introduza uma carga directa de 16,66 l/s (59.98 m^3/h).

Fig. 3.15

Pode acontecer que num mesmo nó de consumo, tenha que definir a carga por capitação e de forma directa, e inclusive, dentro da mesma hipótese.

Por exemplo, no nó NC16 o consumo para a hipótese de habitação é **Por Capitação** com 15 habitações e o consumo para a hipótese do hidrante 4 é **Directa** com 16,66 l/s (59.98 m^3/h).

Introduza os dados dos restantes nós como se mostra na figura 3.2.

É muito prático introduzir os dados dos nós com o comando **Nós > Atribuir dados de cálculo**.

3.1.6. Edição de tramos

Apesar de neste exemplo se deixarem os dados por defeito, para modificar um tramo utiliza-se a opção **Tramos > Editar dados de cálculo**; prime-se sobre o tramo e aparece a figura seguinte.

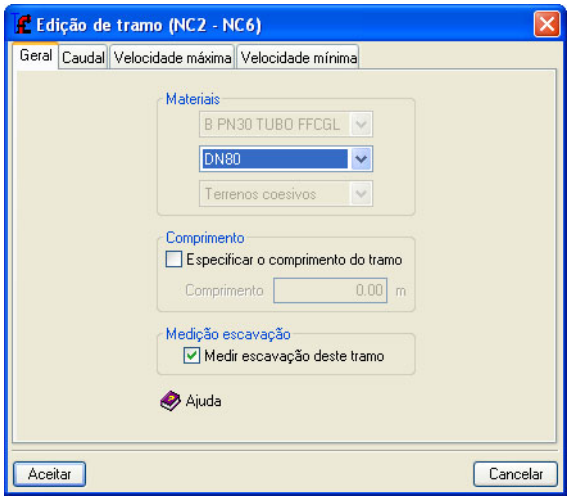


Fig. 3.16

Abre-se uma janela na qual introduzirá os dados particulares desse tramo, de forma que possam ser diferentes dos dados gerais.

Prima sobre o botão de ajuda no ecrã para mais informação.

É muito prático introduzir os dados dos tramos com o comando **Tramos > Atribuir dados de cálculo**.

3.1.7. Cálculo

Para calcular a rede, active o menu **Cálculo > Calcular**. O programa verificará a rede com as dimensões indicadas.

Uma vez realizado, pode acontecer que apareça uma informação na qual se mostram os erros que se produziram durante o cálculo.

Listagem geral da instalação
Vista preliminar
Configuração
Imprimir
Procurar
Exportar
Encerrar
Listagem geral da instalação
Nome da Obra: Exemplo de instalação de águas
Data:09/08/05
1. Descrição da rede hidráulica
- Título: Exemplo de instalação de águas
- Endereço: Urbanização "Os Girassóis"
- Local: São Vicente
- Viscosidade do fluido: 1.15000000 x10-6 m2/s
- Núm. de Reynolds de transição: 2500.0
A velocidade da instalação deverá ser superior ao mínimo estabelecido, para evitar sedimentação, incrustações e estancamento, e inferior ao máximo, para que não se produza erosão.
2. Descrição dos materiais utilizados
Os materiais utilizados para esta instalação são:
B PN30 TUBO FFCGL - Rugosidade: 0.02000 mm
Descrição
Diâmetros mm
DN80 80.8
DN100 100.0
DN125 125.0
DN150 150.0
DN200 200.0
DN250 250.0
O diâmetro a utilizar calcula-se de forma que a velocidade na tubagem não exceda a velocidade máxima e ultrapasse a velocidade mínima, estabelecida para o cálculo.
3. Descrição de terrenos

Fig. 3.17

O cálculo não se detém por nenhum motivo se a resolução da rede for possível.

Depois do cálculo, o programa mostrará a envolvente de máximos. Os nós ou tramos que não cumprirem aparecerão em cor **vermelha**.

Com pode visualizar os dados e resultados das diferentes hipóteses, combinações e envolventes. As envolventes apenas indicam se o tramo cumpre ou não.

Para saber o motivo pelo qual um tramo não cumpre, deve activar uma combinação. Verá uma legenda de cores que identifica os nós e tramos com os seus limites.

Na parte inferior pode ver um rótulo que indica o nome da obra e hipóteses, envolvente ou combinação na qual se encontra.

Para consultar os dados resultantes do cálculo de cada nó ou tramo para combinação, prima o botão **Informação** tanto no **menu Nós**, como no **menu Tramos**.

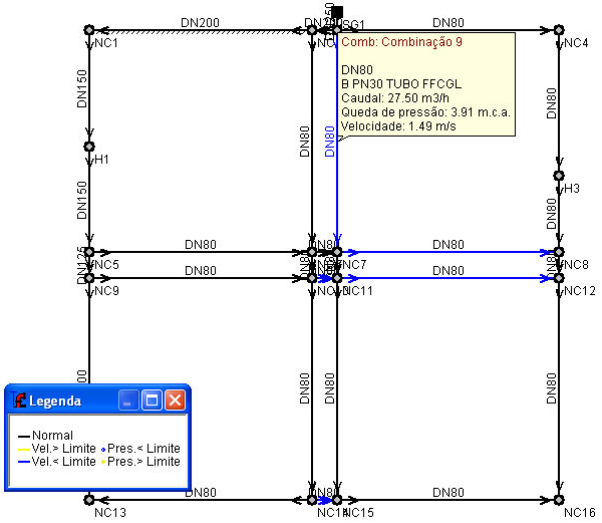


Fig. 3.18

Uma vez verificados todos os resultados do cálculo, tanto para tramos como para nós, terá de realizar as

modificações necessárias para ajustar a rede, de forma manual ou de forma automática.

Se, depois do cálculo, existirem tramos ou nós que não cumpram todas as limitações impostas, pode-se recorrer a um pré-dimensionamento óptimo automático. Para mais informação sobre este aspecto consulte a ***Memória de Cálculo*** de ***Abastecimento de Água***.

Prima **Cálculo > Dimensionar**. O programa perguntará se deseja atribuir os resultados do pré-dimensionamento à obra actual. Se premir **Sim**, calcular-se-á a rede com esse dimensionamento.

Pode acontecer, devido a imposições regulamentares, nomeadamente de diâmetros mínimos, que não seja possível verificar a velocidade mínima. O regulamento prevê esta situação, devendo nestes casos serem colocados dispositivos adequados para descarga periódica.

3.2. Saneamento

Nas páginas seguintes aborda-se o desenvolvimento de um exemplo prático que aconselhamos seguir passo a passo para a aprendizagem do manuseamento do programa. No exemplo seleccionado realiza-se o cálculo de uma rede de saneamento.

Este exemplo pretende sobretudo apresentar uma metodologia para o cálculo e dimensionamento de **redes de saneamento**. Nos casos de obras reais os utilizadores deverão obrigatoriamente consultar o regulamento de modo a definir os parâmetros de verificação de acordo com a obra em questão. Ou seja, para cada obra, o utilizador deverá rever todos os valores de defeito do programa, que se encontram na pasta **Dados gerais da instalação**, de modo que estes estejam de acordo com os requisitos regulamentares

Com o programa inclui-se esta obra de exemplo. Para aceder à mesma siga estes passos:

- Entre no programa.
- Prima **Arquivo > Gestão arquivos**. Abre-se a janela **Gestão arquivos**.
- Prima o botão **Exemplos**.

A seguir, já pode abrir o ficheiro de obra disponível na pasta: \CYPE Ingenieros\Exemplos\Saneamento. A figura seguinte mostra a planta de distribuição de parcelas da qual se realizará o cálculo.

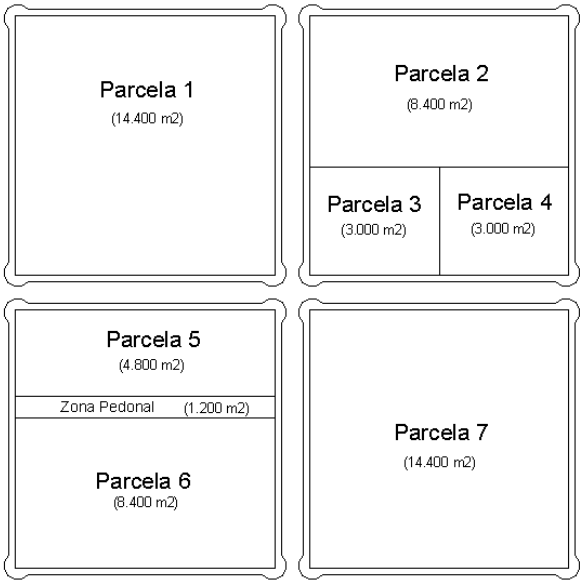


Fig. 3.19

A rede estruturou-se em forma ramificada, considere-se o sistema separativo, exemplificando-se para o caso da drenagem de águas residuais. O sistema de evacuação é por gravidade e considerar-se-ão a título de exemplo os caudais iguais ao exemplo de Abastecimento de águas, 0,04 l/s/habitação (0.144 m^3/h/habitação).

Calcular-se-á a rede na sua totalidade de betão armado, começando com um diâmetro para toda ela de 250 mm.

A hipótese simples de cálculo a considerar é apenas:

- Residuais

A rede de saneamento que se vai introduzir como exemplo é a que se vê no esquema da figura seguinte.

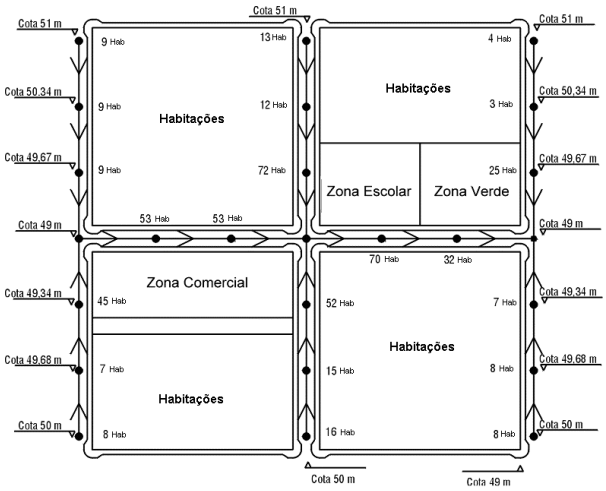


Fig. 3.20

3.2.1. Dados gerais

Active a opção **Arquivo** > **Novo**. Verá no ecrã a janela **Nova Obra**.

Introduza uma nome à obra.

Ao **Aceitar** abrir-se-á o diálogo **Dados Gerais da Instalação**.

3.2.1.1. Separador Geral

Comece por introduzir os dados gerais da instalação: título, endereço, local, data e notas.

Estes dados gerais da instalação aparecerão nas listagens dos resultados de cálculo.

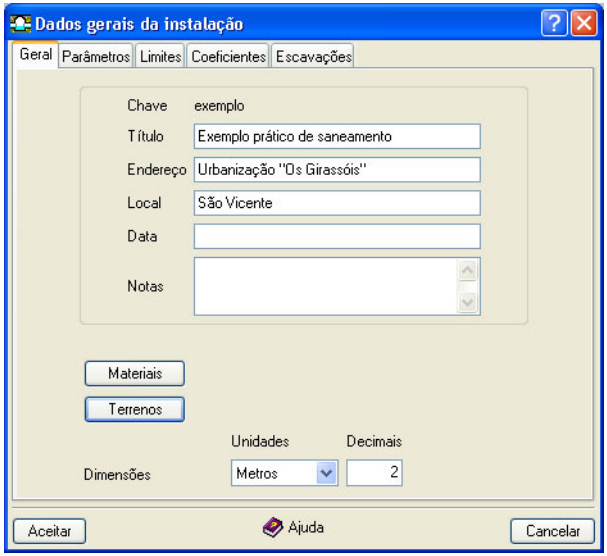


Fig. 3.21

Faça clique no botão **Materiais** para seleccionar os materiais que intervirão na obra. Seleccione o material que se mostra na figura seguinte da **Biblioteca CYPE** e prima para o utilizar como material da obra.

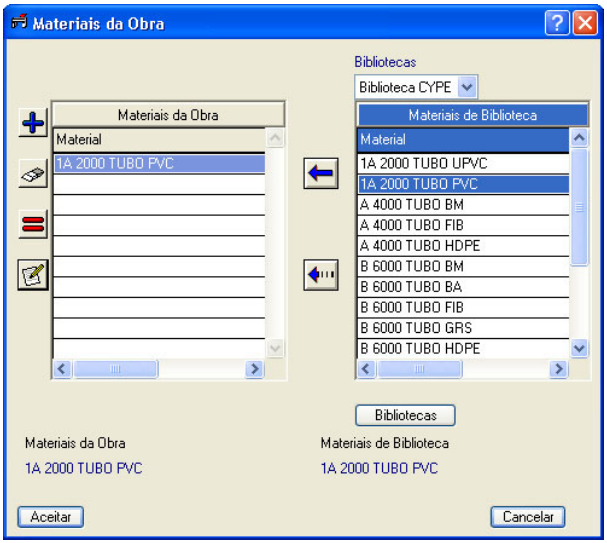


Fig. 3.22

Faça clique no botão **Terrenos** para seleccionar os que intervirão na obra. Seleccione o terreno que se mostra na figura seguinte da **Biblioteca CYPE** e prima o botão para o utilizar como terreno da obra.

Fig. 3.23

3.2.1.2. Separador Parâmetros

A formulação será a de Manning. Deixe os restantes valores a 0.

3.2.1.3. Separador Limites

Nesta pasta devem definir-se os valores limites regulamentares de acordo com a obra em questão. Considere-se neste caso a título de exemplo que a velocidade máxima nos tramos para qualquer combinação será de 3 m/s e a mínima de 0.6 m/s. A pendente máxima será de 15% e a mínima de 0.3%, ambas para qualquer combinação. A lâmina líquida será 50% da altura total.

3.2.1.4. Separador Coeficientes

O coeficiente de simultaneidade será de 1. A carga introduzir-se-á por capitação e será de 0.04 l/s/habitação (0.144 m^3/h/habitação).

O prefixo de nó de consumo será PS, o de caixa interceptora SM e o de transição N.

3.2.1.5. Separador Escavações

A profundidade mínima do colector será de 1.15 m e a espessura do pavimento de 0.35 m.

Active a casa **Mostrar parâmetros de escavação**.

3.2.2. Hipóteses

Prima **Dados Gerais** > **Editar Hipóteses**. Configure as hipóteses simples que se mostram a seguir.

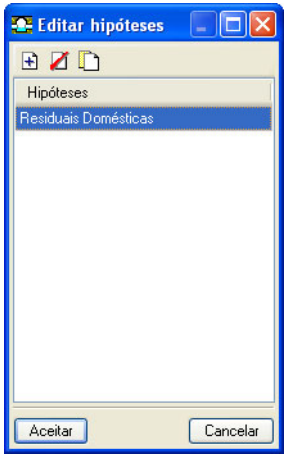


Fig. 3.24

3.2.3. Combinações

Prima **Dados Gerais** > **Editar Combinações**. Abrir-se-á uma janela onde se indicará o nome das combinações e coeficientes de combinação que se vão estabelecer para cada hipótese. Como se trata de um sistema separativo, considere-se apenas uma combinação.

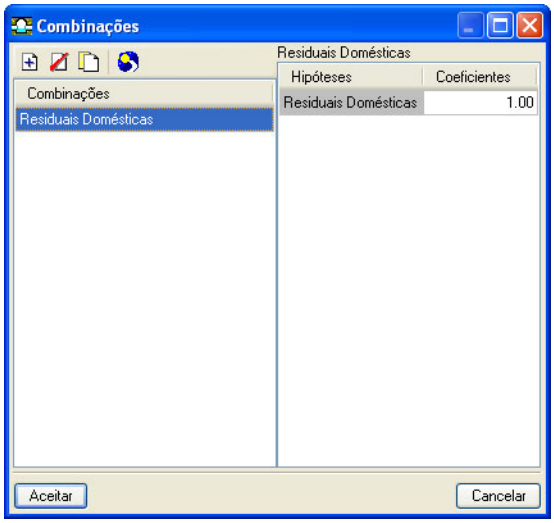


Fig. 3.25

3.2.4. Introdução da geometria

O mais cómodo é utilizar um DXF ou DWG que sirva de máscara para introduzir a geometria. Para instalar no seu disco o DXF deste exemplo, execute a opção **Arquivo** > **Importar** > **Exemplos para importação**.

A seguir, para importar o ficheiro DXF em formato próprio do programa siga estes passos:

- Seleccione o ícone **Editar Máscaras** da barra de ferramentas. Abrir-se-á a janela **Gestão de vistas de máscaras**.

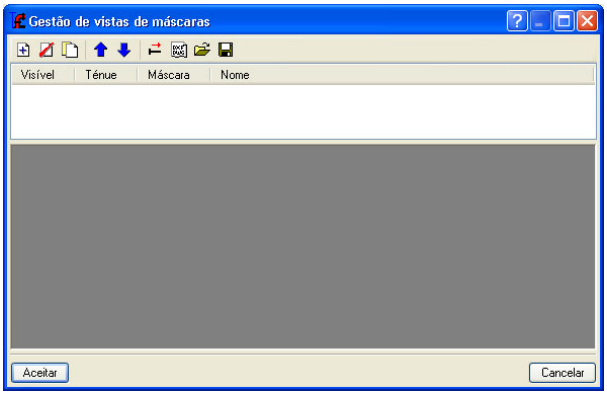


Fig. 3.26

- Prima o ícone **Acrescentar**. Abrir-se-á a janela **Selecção de máscaras a ler** e será pedido que seleccione o tipo DXF. Procure o ficheiro:\CYPE Ingenieros \Exemplos \Saneamento\ sanea.dxf. Seleccione-o e prima **Abrir**.

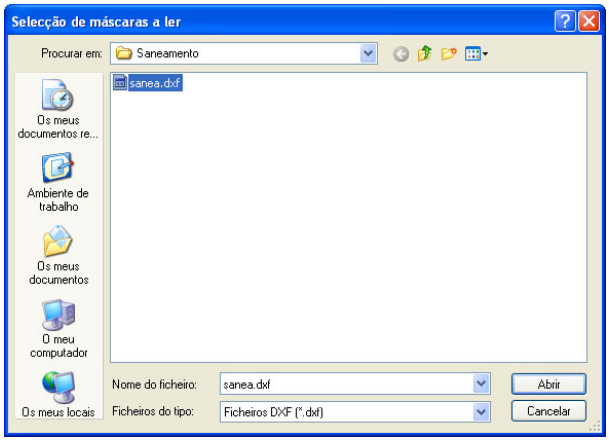


Fig. 3.27

- Prima **Aceitar** para voltar à janela **Gestão de vistas de máscaras** e prima **Aceitar** novamente para o visualizar no ecrã.

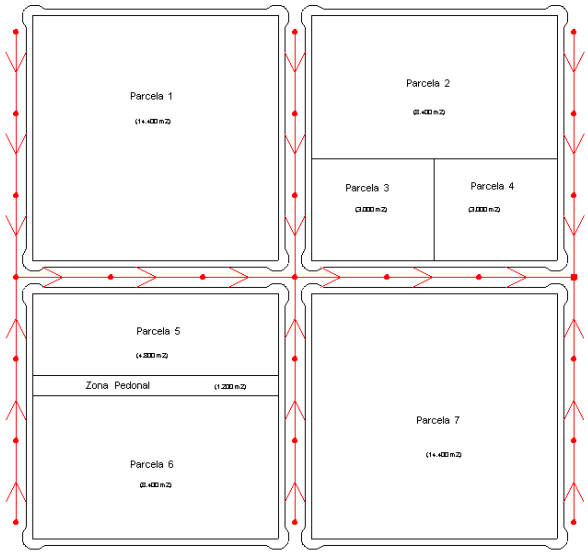


Fig. 3.28

Para a utilização das capturas prima na barra de ferramentas sobre **Capturas para máscaras** e active por exemplo **Intersecção** ou **Extremo**.

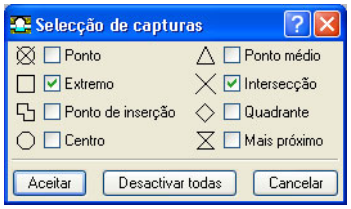


Fig. 3.29

Introduza os tramos com a opção **Tramos > Novo** e apoiando-se na máscara. Apesar de ao introduzir os tramos os nós mostrem umas referências que não são as da figura seguinte, pretendeu-se mostrar as referências definitivas para que sirvam de guia ao utilizador na posterior edição de nós.

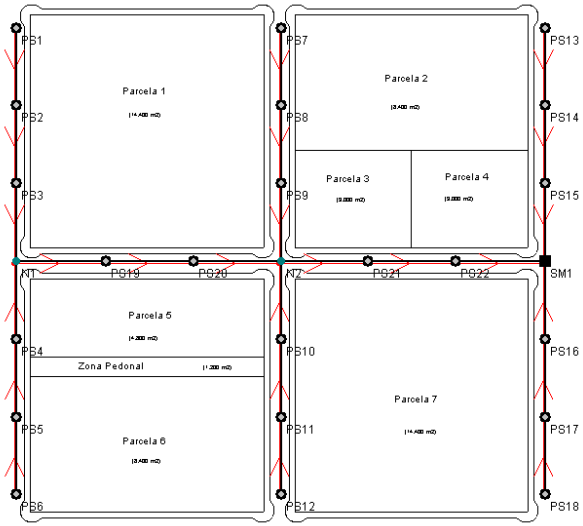


Fig. 3.30

Os nós criam-se por defeito como nós de transição, isto é, nós sem consumo que permitem realizar mudanças de direcção conservando a unidade do tramo no dimensionamento.

3.2.5. Edição de nós

Prima **Nós > Editar dados de cálculo**. Introduza os dados da figura seguinte no nó de caixa interceptora (SM1).

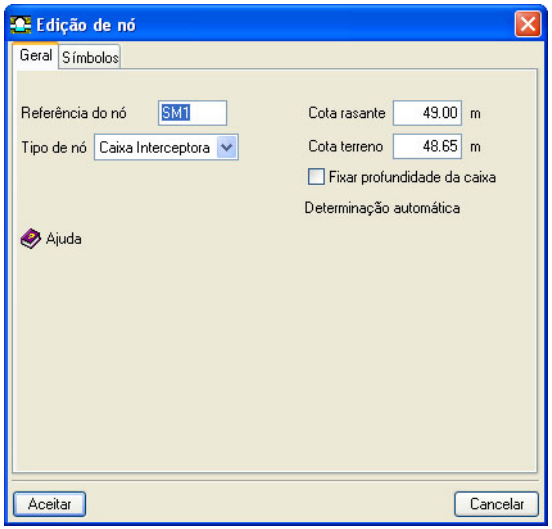


Fig. 3.31

Edite o nó de consumo PS1 e atribua-lhe uma carga **Por Capitação**. Prima o botão **Editar** e introduza o número de unidades.

A capitação indica-se em **Dados gerais > Coeficientes** e é de 0,04 l/s/habitação (0.144 m^3/h/habitação). O número de unidades é o número de habitações a abastecer por nó; aqui, 9. Por isso, prima **Editar** e introduza os dados seguintes:

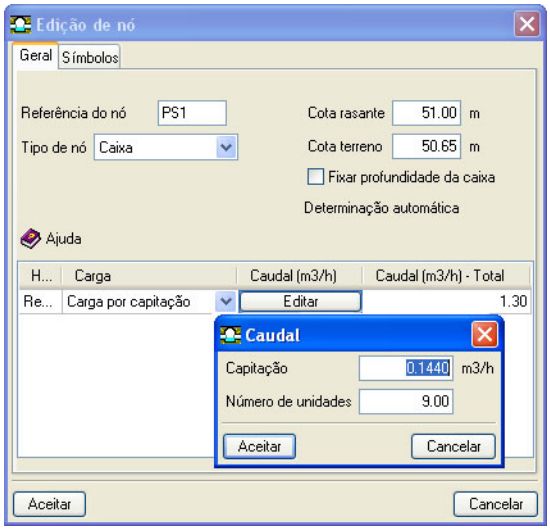


Fig. 3.32

Introduza os dados dos restantes nós como se mostra na figura 3.20.

É muito prático introduzir os dados dos nós com o comando **Nós > Atribuir dados de cálculo**.

3.2.6. Edição de tramos

Apesar de neste exemplo se deixarem os dados por defeito, para modificar um tramo utiliza-se a opção **Tramos > Editar dados de cálculo**; prime-se sobre esta e aparece a figura seguinte.

Fig. 3.33

Abre-se uma janela na qual introduzirá os dados particulares desse tramo, de forma que possam ser diferentes dos dados gerais.

Prima sobre o botão de ajuda no ecrã para mais informação.

É muito prático introduzir os dados dos tramos com o comando **Tramos > Atribuir dados de cálculo**.

3.2.7. Cálculo

Para calcular a rede, active o menu **Cálculo > Calcular**. O programa verificará a rede com as dimensões indicadas.

Uma vez realizado, pode acontecer que apareça uma informação na qual se mostram os erros que se produziram durante o cálculo.

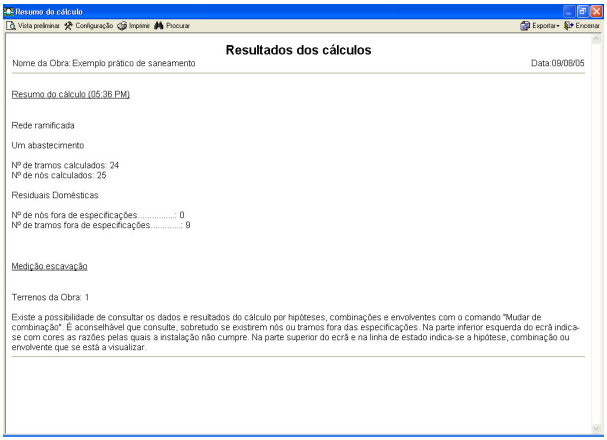

Resumo do cálculo
Vista preliminar
Configuração
Imprimir
Procurar
Exportar
Encerrar
Resultados dos cálculos
Nome da Obra: Exemplo prático de saneamento
Data:09/09/05
Resumo do cálculo (05:36 PM)
Rede ramificada
Um abastecimento
Nº de tramos calculados: 24
Nº de nós calculados: 25
Residuais Domésticas
Nº de nós fora de especificações.....: 0
Nº de tramos fora de especificações.....: 9
Medição escavação
Terrenos da Obra: 1
Existe a possibilidade de consultar os dados e resultados do cálculo por hipóteses, combinações e envolventes com o comando "Mudar de combinação". É aconselhável que consulte, sobretudo se existirem nós ou tramos fora das especificações. Na parte inferior esquerda do ecrã indica-se com cores as razões pelas quais a instalação não cumpre. Na parte superior do ecrã e na linha de estado indica-se a hipótese, combinação ou envolvente que se está a visualizar.

Fig. 3.34

O cálculo não se detém por nenhum motivo se a resolução da rede for possível.

Depois do cálculo, o programa mostrará a envolvente de máximos. Os nós ou tramos que não cumprirem aparecerão em cor **vermelha**.

Com pode visualizar os dados e resultados das diferentes hipóteses, combinações e envolventes. As envolventes apenas indicam se o tramo cumpre ou não.

Para saber o motivo pelo qual um nó ou um tramo não cumpre, deve activar uma combinação. Verá uma legenda de cores que identifica os nós e tramos com os seus limites.

Na parte inferior pode ver um rótulo que indica o nome da obra e hipóteses, envolvente ou combinação na qual se encontra.

Para consultar os dados resultantes do cálculo de cada nó ou tramo para combinação, prima o botão **Informação** tanto no **menu Nós**, como no **menu Tramos**.

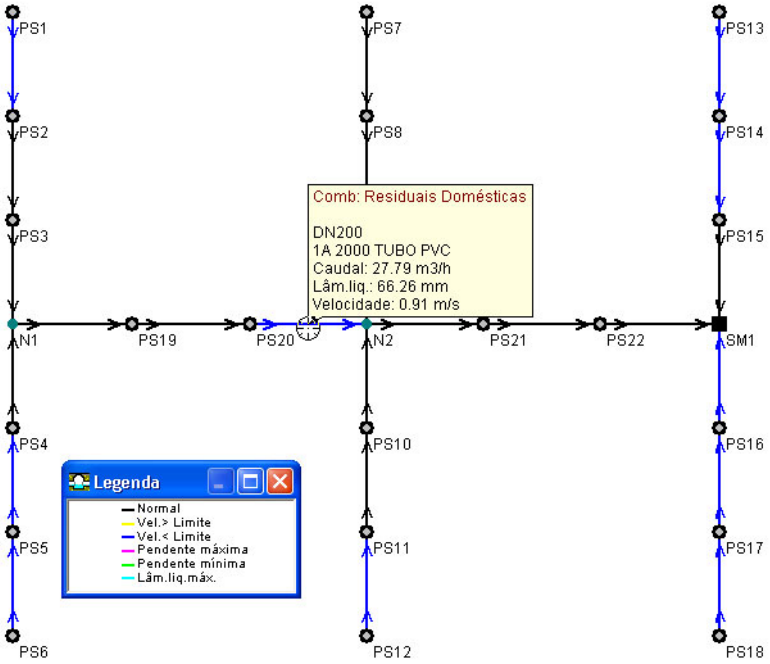

PS1
PS2
PS3
N1
PS19
PS20
PS7
PS8
N2
PS21
PS22
PS13
PS14
PS15
SM1
PS4
PS5
PS6
PS10
PS11
PS12
PS16
PS17
PS18
Comb: Residuais Domésticas
DN200
1A 2000 TUBO PVC
Caudal: 27.79 m3/h
Lâm.liq.: 66.26 mm
Velocidade: 0.91 m/s
Legenda
Normal
Vel.> Limite
Vel.< Limite
Pendente máxima
Pendente mínima
Lâm.liq.máx.

Fig. 3.35

Uma vez verificados todos os resultados do cálculo, tanto para tramos como para nós, terá de realizar as modificações necessárias para ajustar a rede, de forma manual ou de forma automática.

Se, depois do cálculo, existirem tramos ou nós que não cumpram todas as limitações impostas, pode-se recorrer a um pré-dimensionamento óptimo automático. Para mais informação sobre este aspecto consulte a ***Memória de Cálculo*** de ***Saneamento***.

Prima **Cálculo > Dimensionar**. O programa perguntará se deseja atribuir os resultados do pré-dimensionamento à obra actual. Se premir **Sim**, calcular-se-á a instalação com esse dimensionamento.

Pode acontecer, devido a imposições regulamentares, nomeadamente de diâmetros mínimos, que não seja possível verificar a velocidade mínima. O regulamento prevê esta situação, devendo nestes casos estabelecer-se medidas especiais.

3.3. Electricidade

Nas páginas seguintes aborda-se o desenvolvimento de um exemplo prático que aconselhamos seguir passo a passo para a aprendizagem do manuseamento do programa. O exemplo seleccionado tem por objectivo o cálculo de uma rede de baixa tensão.

Este exemplo pretende sobretudo apresentar uma metodologia para o cálculo e dimensionamento de **redes de electricidade**. Nos casos de obras reais os utilizadores deverão obrigatoriamente consultar o regulamento de modo a definir os parâmetros de verificação de acordo com a obra em questão. Ou seja, para cada obra, o utilizador deverá rever todos os valores de defeito do programa, que se encontram na pasta **Dados gerais da instalação**, de modo que estes estejam de acordo com os requisitos regulamentares

Com o programa inclui-se esta obra de exemplo. Para aceder à mesma siga estes passos:

- Entre no programa.
- Prima **Arquivo > Gestão arquivos**. Abre-se a janela **Gestão arquivos**.
- Prima o botão **Exemplos**.

A seguir, já pode abrir o ficheiro de obra disponível na pasta: \CYPE Ingenieros\Exemplos\Electricidade.

O cálculo de uma rede de média tensão ou para iluminação realiza-se da mesma forma. Nos casos significativos incluir-se-ão os dados de cálculo para este tipo de redes.

A figura seguinte mostra a planta de distribuição de parcelas da qual se realizará o cálculo.

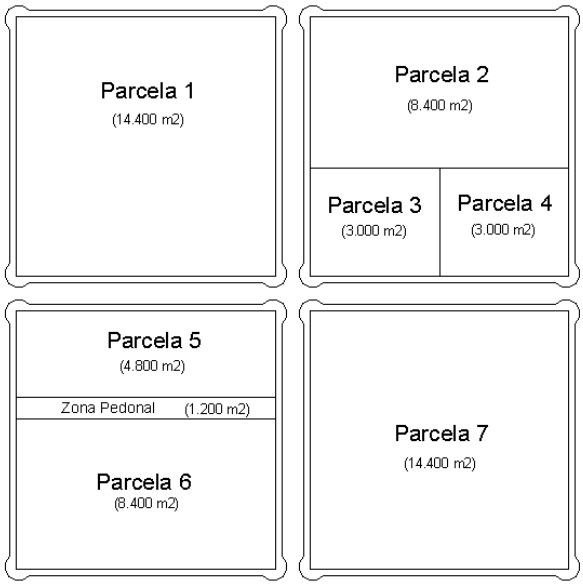


Fig. 3.36

A rede é de tipo ramificado.

A capitação será conforme o quadro mostrado a seguir, no qual se indicam as potências de cada QGP.

A carga para a zona comercial será de 100 W/m^2 e para a zona escolar 50 W/m^2.

QGP	Potência (KW)
1	95
2	89
3	150
4	70
5	65
6	65
7	65
8	65
9	65
10	65
11	89

Tabela 3.2

Para média tensão considerar-se-á 630 Kva para cada transformador, e para iluminação pública, 150 W para cada ponto de luz.

Para média tensão, a rede seria de alumínio. Para baixa tensão e para iluminação, de cobre.

Considera-se uma única hipótese. Por isso, não será necessário estabelecer nenhuma combinação de cálculo.

Apesar de neste exemplo se seguir o cálculo de uma rede de baixa tensão, mostram-se os esquemas das redes de média, baixa e iluminação, uma vez que se fará referência a todas elas ao longo destas páginas.

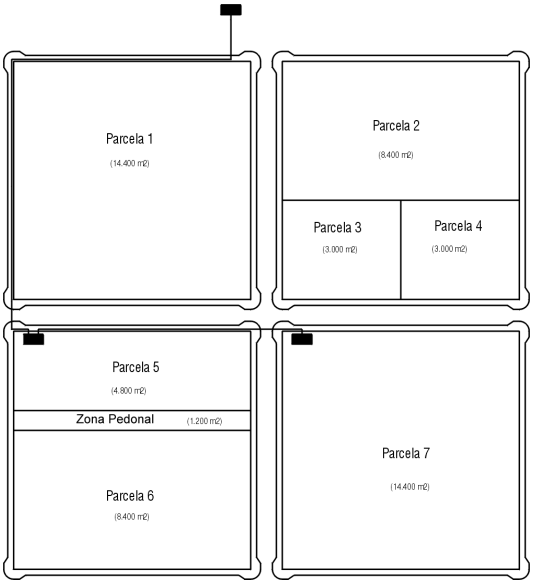


Fig. 3.37 (Média Tensão)

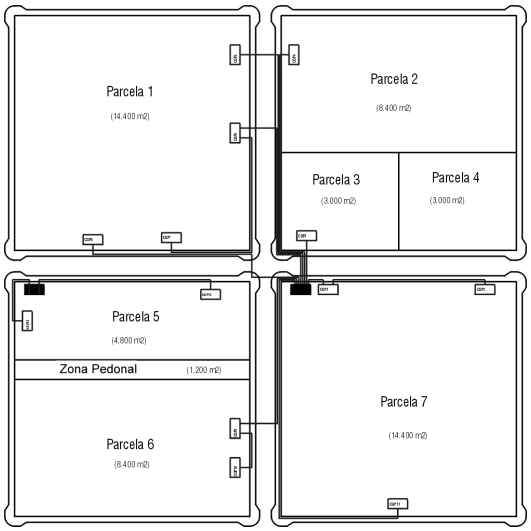


Fig. 3.38 (Baixa Tensão)

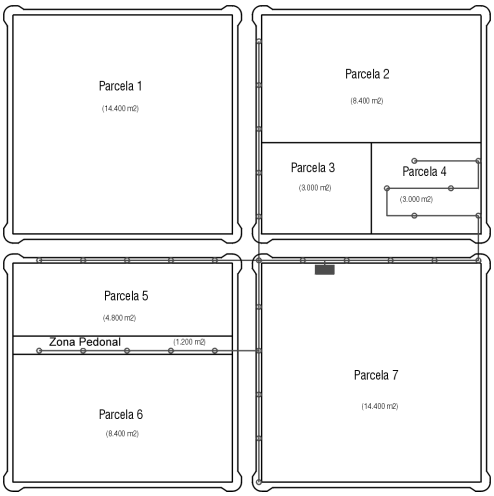


Fig. 3.39 (Iluminação)

Fig. 3.40

3.3.1. Dados gerais

Active a opção **Arquivo > Novo**. Verá no ecrã a janela **Nova Obra**.

Introduza uma nome à obra.

Ao **Aceitar** abrir-se-á o diálogo **Dados Gerais da Instalação**.

3.3.1.1. Separador Geral

Comece por introduzir os dados gerais da instalação: título, endereço, local, data e notas.

Estes dados gerais da instalação aparecerão nas listagens dos resultados de cálculo.

Faça clique no botão **Materiais** para seleccionar os materiais que intervirão na obra. Seleccione o material que se mostra na figura seguinte da **Biblioteca CYPE** e prima para o utilizar como material da obra.

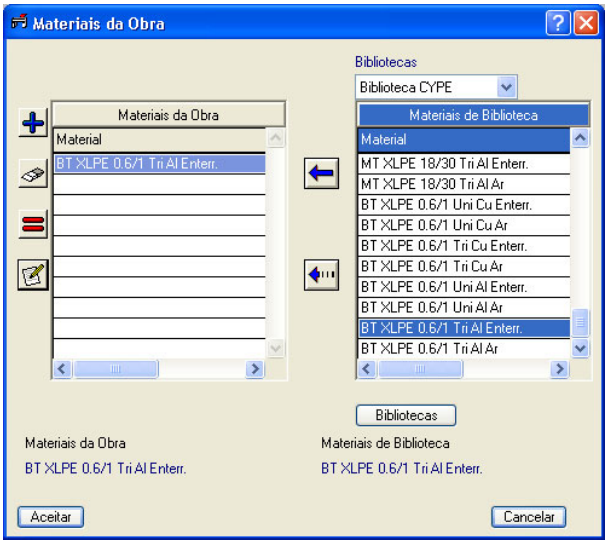

Materiais da Obra
Bibliotecas
Biblioteca CYPE
Materiais da Obra
Material
BT XLPE 0.6/1 Tri Al Enterr.
Materiais de Biblioteca
Material
MT XLPE 18/30 Tri Al Enterr.
MT XLPE 18/30 Tri Al Ar
BT XLPE 0.6/1 Uni Cu Enterr.
BT XLPE 0.6/1 Uni Cu Ar
BT XLPE 0.6/1 Tri Cu Enterr.
BT XLPE 0.6/1 Tri Cu Ar
BT XLPE 0.6/1 Uni Al Enterr.
BT XLPE 0.6/1 Uni Al Ar
BT XLPE 0.6/1 Tri Al Enterr.
BT XLPE 0.6/1 Tri Al Ar
Bibliotecas
Materiais da Obra
BT XLPE 0.6/1 Tri Al Enterr.
Materiais de Biblioteca
BT XLPE 0.6/1 Tri Al Enterr.
Aceitar
Cancelar

Fig. 3.41

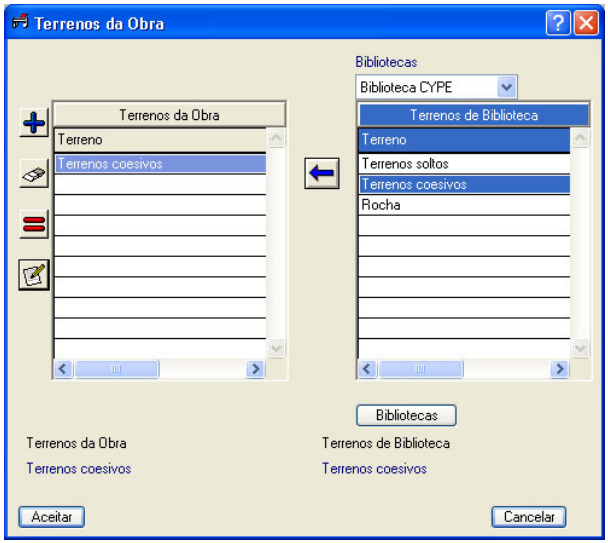


Fig. 3.42

Faça clique no botão **Terrenos** para seleccionar os que intervirão na obra. Seleccione o terreno que se mostra na figura seguinte da **Biblioteca CYPE** e prima o botão para o utilizar como terreno da obra.

3.3.1.2. Separador Parâmetros

Nesta pasta devem definir-se os valores regulamentares de acordo com a obra em questão. Considere-se a título de exemplo que a distribuição será trifásica a 380 V, o factor de potência de 0.8, e a potência de curto-circuito de 350 MVA.

3.3.1.3. Separador Limites

Tal como se referiu no ponto anterior, aqui devem definir-se os valores regulamentares. Considere-se a título de exemplo que a queda de tensão admissível em tramos será de 5%.

3.3.1.4. Separador Coeficientes

O coeficiente de simultaneidade será de 1, não se considera neste caso coeficiente de majoração de

comprimentos, a carga será introduzida por capitação e será de 5 KW (por habitação).

O prefixo de nó de consumo será CGP, o de abastecimento CT e o resto N.

3.3.1.5. Separador Escavações

A profundidade mínima do colector será de 1.30 m e a espessura do pavimento de 0.35 m.

3.3.2. Hipóteses

Nas primeiras páginas deste capítulo especificaram-se as hipóteses, combinações e coeficientes que intervirão no cálculo da rede.

Prima **Dados Gerais** > **Editar Hipóteses**. Configure as hipóteses simples que se mostram a seguir.

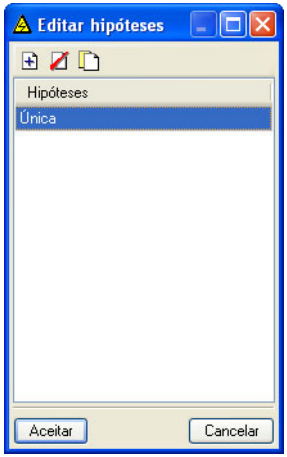


Fig. 3.43

3.3.3. Combinações

Prima **Dados Gerais** > **Editar Combinações**. Abrir-se-á uma janela onde se indicará o nome das combinações e coeficientes de combinação que se vão estabelecer para cada hipótese. Neste caso será uma única.

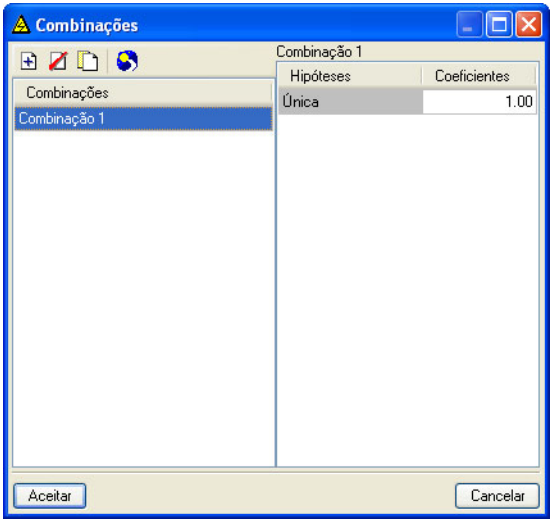


Fig. 3.44

3.3.4. Introdução da geometria

O mais cómodo é utilizar um DXF ou DWG que sirva de máscara para introduzir a geometria. Para instalar no seu disco o DXF deste exemplo, execute a opção **Arquivo** > **Importar** > **Exemplos para importação**.

A seguir, para importar o ficheiro DXF em formato próprio do programa siga estes passos:

- Seleccione o ícone **Editar Máscaras** da barra de ferramentas. Abrir-se-á a janela **Gestão de vistas de máscaras**.

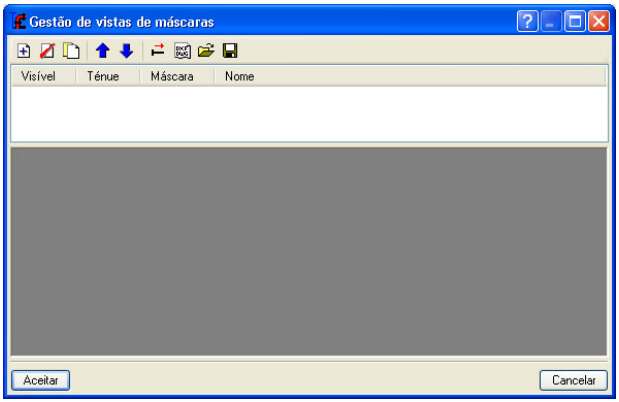


Fig. 3.45

- Prima o ícone **Acrescentar**. Abrir-se-á a janela **Selecção de máscaras a ler** e será pedido que seleccione o tipo DXF. Procure o ficheiro:\CYPEIngenieros \Exemplos \Electricidade\ electri.dxf. Seleccione-o e prima **Abrir**.

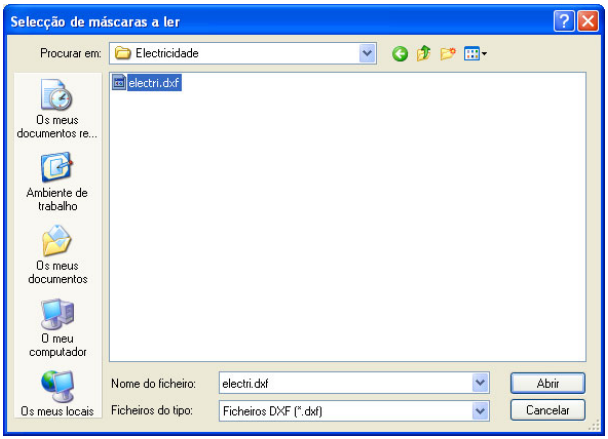


Fig. 3.46

- Prima **Aceitar** para voltar à janela **Gestão de vistas de máscaras** e prima **Aceitar** novamente para o visualizar no ecrã.

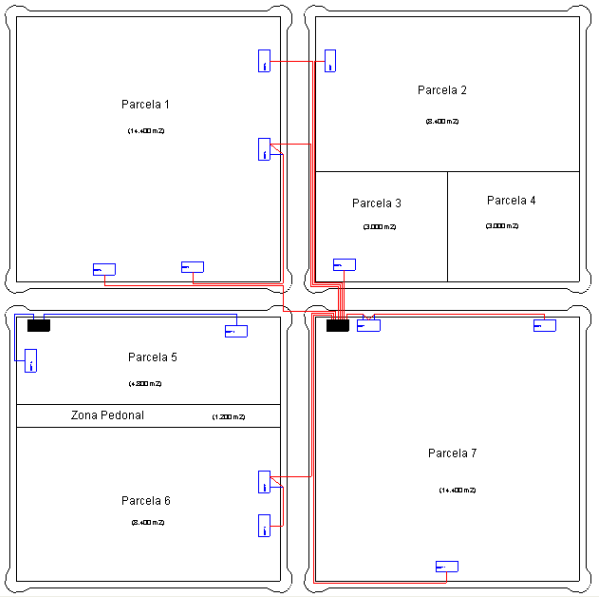


Fig. 3.47

Para a utilização das capturas prima na barra de ferramentas sobre **Capturas para máscaras** e active por exemplo **Intersecção** ou **Extremo**.

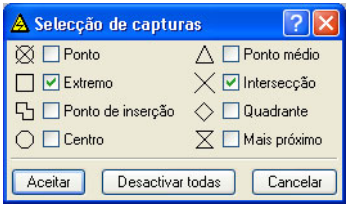


Fig. 3.48

Introduza os tramos com a opção **Tramos > Novo** e apoiando-se na máscara. Apesar de ao introduzir os tramos os nós mostrem umas referências que não são as da figura seguinte, pretendeu-se mostrar as referências definitivas para que sirvam de guia ao utilizador na posterior edição de nós. No entanto, as

referências reais dos nós também se mostram na máscara.

Não introduza o nó de abastecimento e os consumos CGP12 e CGP13 que aparecem na máscara, uma vez que é uma rede independente.

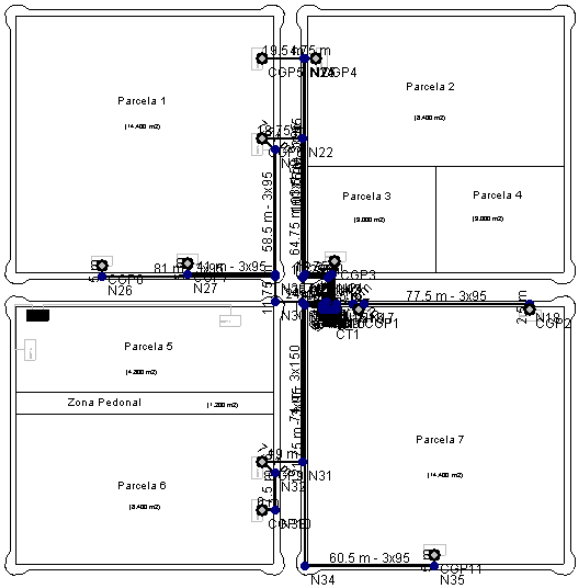


Fig. 3.49

Os nós criam-se por defeito como nós de transição, isto é, nós sem consumo que permitem realizar mudanças de direcção conservando a unidade do tramo no dimensionamento.

3.3.5. Edição de nós

Prima **Nós > Editar dados de cálculo**. Introduza os dados da figura seguinte no nó de fornecimento geral (CT1).

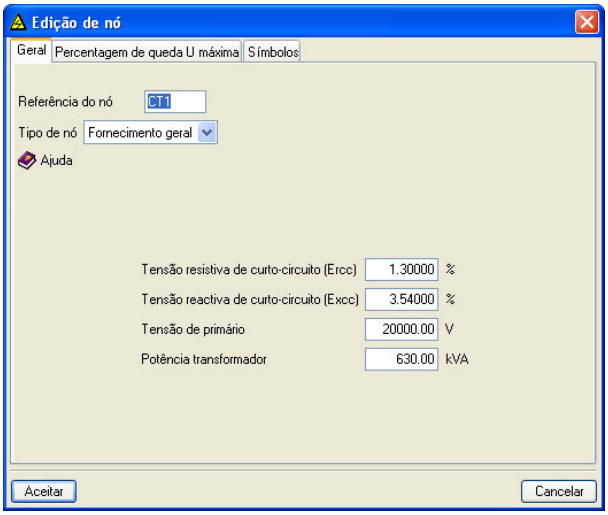


Fig. 3.50

Edite o nó de consumo CGP1 e atribua-lhe uma carga **Directa**.

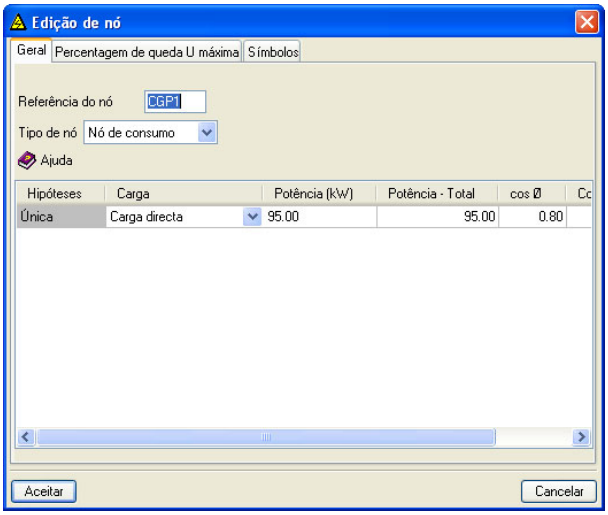


Fig. 3.51

Introduza os dados dos restantes nós como se mostra na tabela 3.2.

É muito prático introduzir os dados dos nós com o comando **Nós > Atribuir dados de cálculo**.

3.3.6. Edição de tramos

Apesar de neste exemplo se deixarem os dados por defeito, para modificar um tramo utiliza-se a opção **Tramos > Editar dados de cálculo**. Se premir sobre o tramo aparece a figura seguinte.

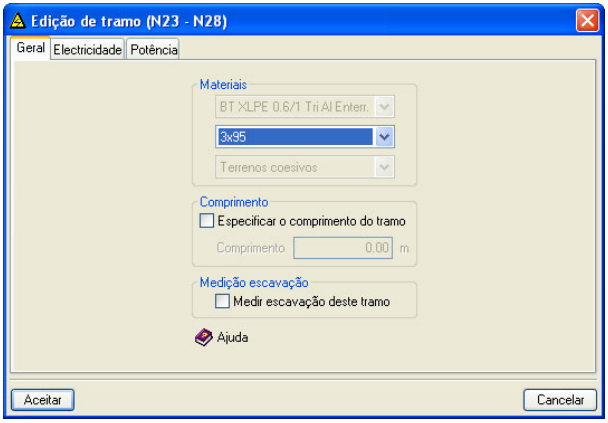


Fig. 3.52

Abre-se uma janela na qual introduzirá os dados particulares desse tramo, de forma que possam ser diferentes dos dados gerais.

Prima sobre o botão de ajuda no ecrã para mais informação.

É muito prático introduzir os dados dos tramos com o comando **Tramos > Atribuir dados de cálculo**.

3.3.7. Cálculo

Para calcular a rede, active o menu **Cálculo > Calcular**. O programa verificará a rede com as dimensões indicadas.

Uma vez realizado, pode acontecer que apareça uma informação na qual se mostram os erros que se produziram durante o cálculo.

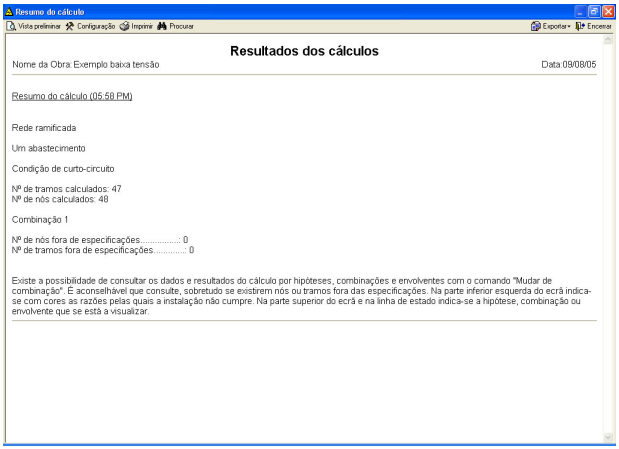

Resumo do cálculo
Resultados dos cálculos
Nome da Obra: Exemplo baixa tensão
Data: 09/09/05
Resumo do cálculo (05:58 PM)
Rede ramificada
Um abastecimento
Condição de curto-circuito
Nº de tramos calculados: 47
Nº de nós calculados: 48
Combinação 1
Nº de nós fora de especificações.....: 0
Nº de tramos fora de especificações.....: 0
Existe a possibilidade de consultar os dados e resultados do cálculo por hipóteses, combinações e envolventes com o comando "Mudar de combinação". É aconselhável que consulte, sobretudo se existirem nós ou tramos fora das especificações. Na parte inferior esquerda do ecrã indica-se com cores as razões pelas quais a instalação não cumpre. Na parte superior do ecrã e na linha de estado indica-se a hipótese, combinação ou envolvente que se está a visualizar.

Fig. 3.53

O cálculo não se detém por nenhum motivo se a resolução da rede for possível.

Depois do cálculo, o programa mostrará a envolvente de máximos. Os nós ou tramos que não cumprirem aparecerão em cor **vermelha**.

Com pode visualizar os dados e resultados das diferentes hipóteses, combinações e envolventes. As envolventes apenas indicam se o tramo cumpre ou não.

Para saber o motivo pelo qual um nó ou um tramo não cumpre, deve activar uma combinação. Verá uma legenda de cores que identifica os nós e tramos com os seus limites.

Na parte inferior pode ver um rótulo que indica o nome da obra e hipóteses, envolvente ou combinação na qual se encontra.

Para consultar os dados resultantes do cálculo de cada nó ou tramo para combinação, prima o botão **Informação** tanto no **menu Nós**, como no **menu Tramos**.

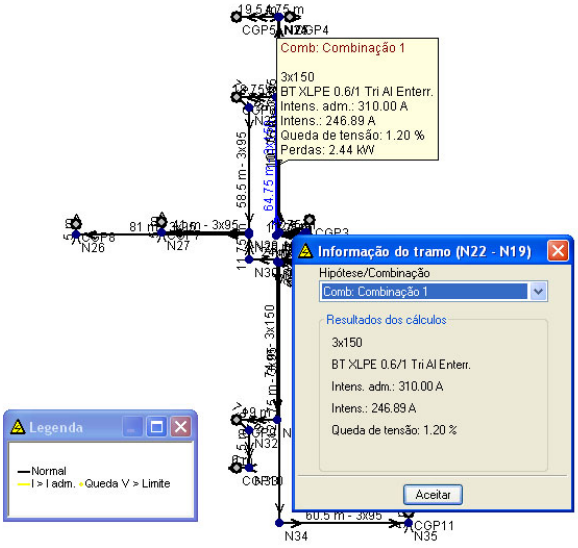


Fig. 3.54

Uma vez verificados todos os resultados do cálculo, tanto para tramos como para nós, terá de realizar as modificações necessárias para ajustar a rede, de forma manual ou de forma automática.

Se, depois do cálculo, existirem tramos ou nós que não cumpram todas as limitações impostas, pode-se recorrer a um pré-dimensionamento óptimo automático. Para mais informação sobre este aspecto consulte a ***Memória de Cálculo*** de ***Electricidade***.

Prima **Cálculo > Dimensionar**. O programa perguntará se deseja atribuir os resultados do pré-dimensionamento à obra actual. Se premir **Sim**, calcular-se-á a rede com esse dimensionamento.

3.4. Gás

Nas páginas seguintes desenvolve-se um exemplo de cálculo de uma rede de gás que aconselhamos seguir passo a passo para a aprendizagem do manuseamento do programa. A figura seguinte mostra a planta de distribuição de parcelas da qual se realizará o cálculo.

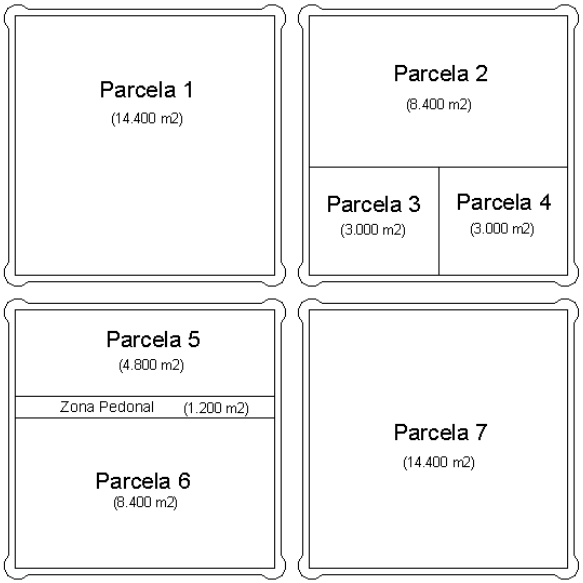


Fig. 3.55

Este exemplo pretende sobretudo apresentar uma metodologia para o cálculo e dimensionamento de **redes de gás**. Nos casos de obras reais os utilizadores deverão obrigatoriamente consultar o regulamento de modo a definir os parâmetros de verificação de acordo com a obra em questão. Ou seja, para cada obra, o utilizador deverá rever todos os valores de defeito do programa, que se encontram na pasta **Dados gerais da**

Instalação, de modo que estes estejam de acordo com os requisitos regulamentares

Com o programa inclui-se esta obra de exemplo. Para aceder à mesma siga estes passos:

- Entre no programa.
- Prima **Arquivo > Gestão arquivos**. Abre-se a janela **Gestão arquivos**.
- Prima o botão **Exemplos**.

A seguir, já pode abrir o ficheiro de obra disponível na pasta: \CYPE Ingenieros\Exemplos\Gás.

Considere-se a título de exemplo que o caudal por habitação será D = 1.2 m^3/h. O caudal para a zona comercial será de 60 m^3/h e para a zona escolar de 40 m^3/h. Calcula-se a rede na sua totalidade de polietileno, começando com um diâmetro para toda ela de 63 mm. As hipóteses simples de cálculo a considerar são 'Habitações' e 'Zonas comerciais + escolares'. As combinações de cálculo são as seguintes:

1. **Habitações**. Com o caudal correspondente a todas as habitações.
2. **Habitações + Zonas comerciais e escolar**. Com o caudal correspondente a todas as habitações e às zonas comercial e escolar.

A rede de gás está apresentada no esquema da figura seguinte.

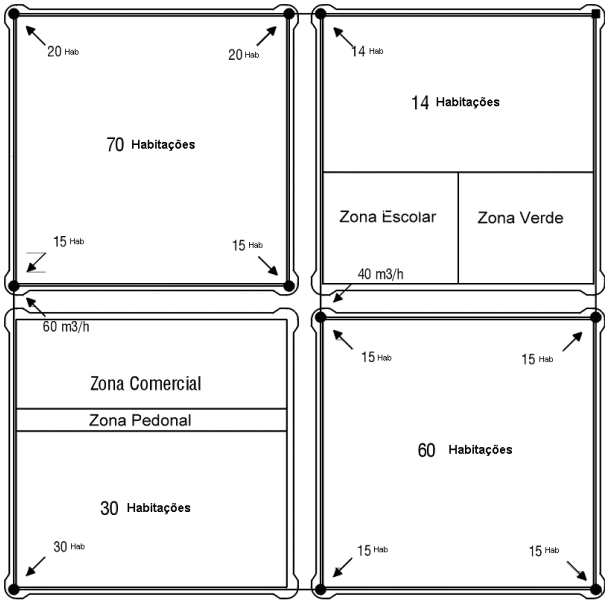


Fig. 3.56

3.4.1. Dados gerais

Active a opção **Arquivo > Novo**. Verá no ecrã a janela **Nova Obra**.

Introduza um nome à obra.

Ao **Aceitar** abrir-se-á o diálogo **Dados Gerais da Instalação**.

3.4.1.1. Separador Geral

Comece por introduzir os dados gerais da instalação: título, endereço, local, data e notas.

Estes dados gerais da instalação aparecerão nas listagens dos resultados de cálculo.

Fig. 3.57

Faça clique no botão **Materiais** para seleccionar os materiais que intervirão na obra. Seleccione o material que se mostra na figura seguinte da **Biblioteca CYPE** e prima para o utilizar como material da obra.

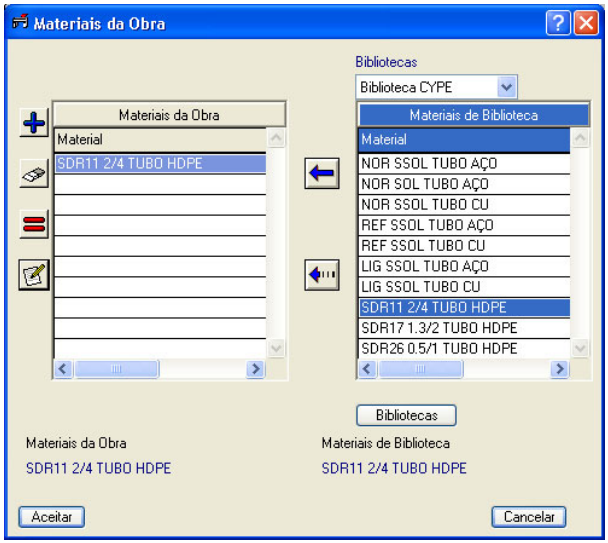


Fig. 3.58

Faça clique no botão **Terrenos** para seleccionar os que intervirão na obra. Seleccione o terreno que se mostra na figura seguinte da **Biblioteca CYPE** e prima o botão para o utilizar como terreno da obra.

Fig. 3.59

3.4.1.2. Separador Parâmetros

Nesta pasta devem definir-se os valores limites regulamentares de acordo com a obra em questão. Considere-se neste caso a título de exemplo que o consumo será introduzido como caudal em vez de potência calorífica. A pressão de serviço será de 4 bar. A densidade relativa do gás será de 0.65. O coeficiente constante da fórmula de Renouard linear será de 23.2. O coeficiente constante da fórmula de Renouard quadrática será de 48.6. O coeficiente constante da fórmula da velocidade do gás será de 354. O coeficiente de compressibilidade do gás será de 1.

3.4.1.3. Separador Limites

Tal como se referiu anteriormente, nesta pasta devem definir-se os limites regulamentares. A velocidade limite nos tramos será de 15 m/s. A pressão mínima nos nós será de 1.5 bar.

3.4.1.4. Separador Coeficientes

O coeficiente de simultaneidade será de 1. O coeficiente de majoração de comprimentos será de 20%. A carga será introduzida por capitação e será de 1.2 m^3/h (por habitação).

O prefixo de nó de consumo será NC, o de abastecimento SG e o de transição N.

3.4.1.5. Separador Escavações

Considere-se que a profundidade mínima da conduta será de 0.70 m, e a espessura do pavimento de 0.35 m.

Active a casa **Mostrar parâmetros de escavação**.

3.4.2. Hipóteses

Nas primeiras páginas deste capítulo especificaram-se as hipóteses, combinações e coeficientes que intervirão no cálculo da rede.

Prima **Dados Gerais** > **Editar Hipóteses**. Configure as hipóteses simples que se mostram a seguir.

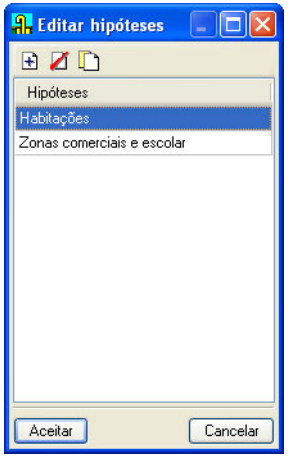


Fig. 3.60

3.4.3. Combinações

Prima **Dados Gerais** > **Editar Combinações**. Abrir-se-á uma janela onde se indicará o nome das combinações e coeficientes de combinação que se vão estabelecer para cada hipótese. Coloque os valores indicados na tabela dos coeficientes de combinação para as hipóteses simples nas primeiras páginas deste capítulo.

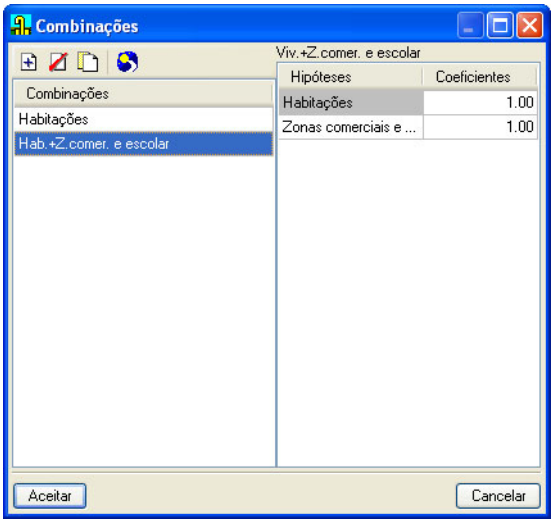


Fig. 3.61

3.4.4. Introdução da geometria

O mais cómodo é utilizar um DXF ou DWG que sirva de máscara para introduzir a geometria. Para instalar no seu disco o DXF deste exemplo, execute a opção **Arquivo** > **Importar** > **Exemplos para importação**.

A seguir, para importar o ficheiro DXF em formato próprio do programa siga estes passos:

- Seleccione o ícone **Editar Máscaras** da barra de ferramentas. Abrir-se-á a janela **Gestão de vistas de máscaras**.

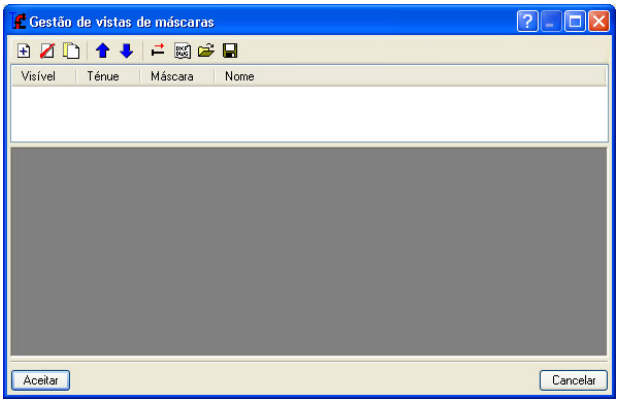


Fig. 3.62

- Prima o ícone **Acrescentar**. Abrir-se-á a janela **Selecção de máscaras a ler** e será pedido que seleccione o tipo DXF.
- Procure o ficheiro:

  \CYPE Ingenieros\Exemplos\gás\gás.dxf.

  Seleccione-o e prima **Abrir**.

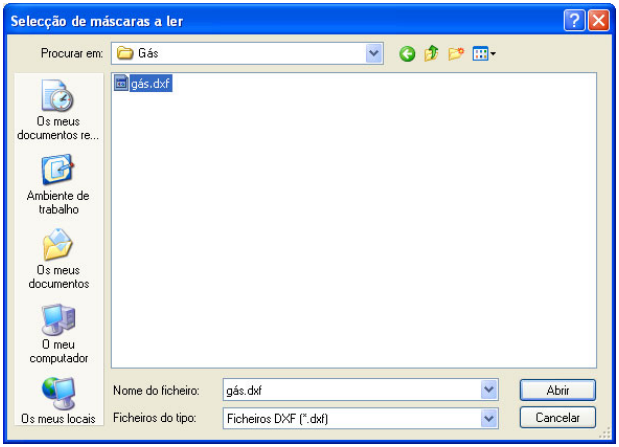


Fig. 3.63

- Prima **Aceitar** para voltar à janela **Gestão de vistas de máscaras** e prima **Aceitar** novamente para o visualizar no ecrã.

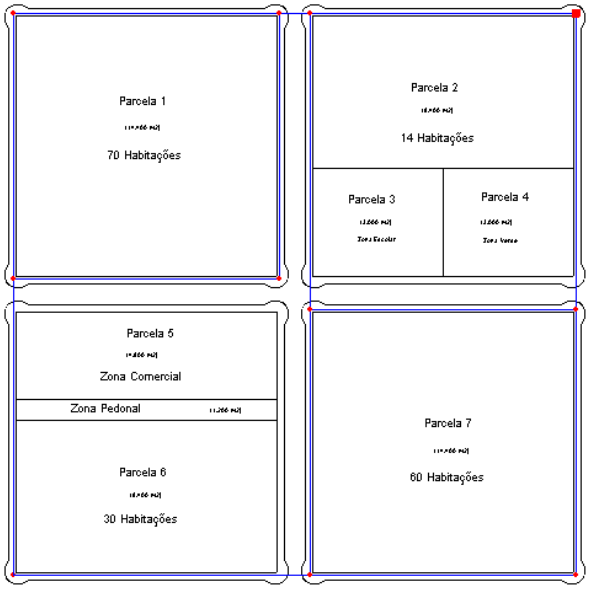


Fig. 3.64

Para a utilização das capturas prima na barra de ferramentas sobre **Capturas para máscaras** e active por exemplo **Intersecção** ou **Extremo**.

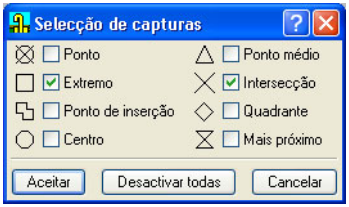


Fig. 3.65

Introduza os tramos com a opção **Tramos > Novo** e apoiando-se na máscara. Apesar de ao introduzir os tramos os nós mostrem umas referências que não são as da figura seguinte, pretendeu-se mostrar as referências definitivas para que sirvam de guia ao utilizador na posterior edição de nós.

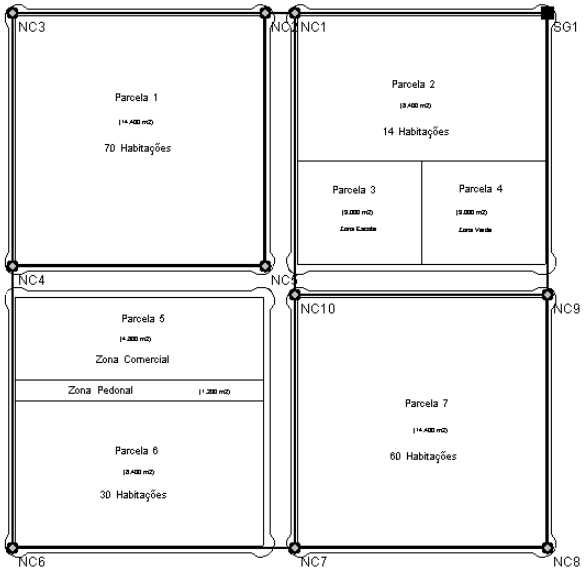


Fig. 3.66

Os nós criam-se por defeito como nós de transição, isto é, nós sem consumo que permitem realizar mudanças de direcção conservando a unidade do tramo no dimensionamento.

3.4.5. Edição de nós

Prima **Nós > Editar dados de cálculo**. Introduza os dados da figura seguinte no nó de fornecimento geral (SG1).

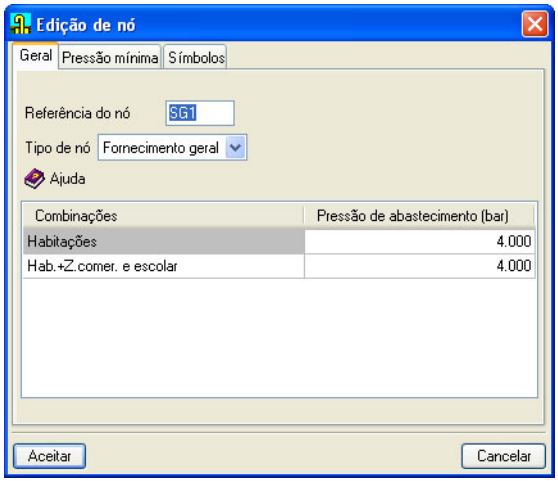


Fig. 3.67

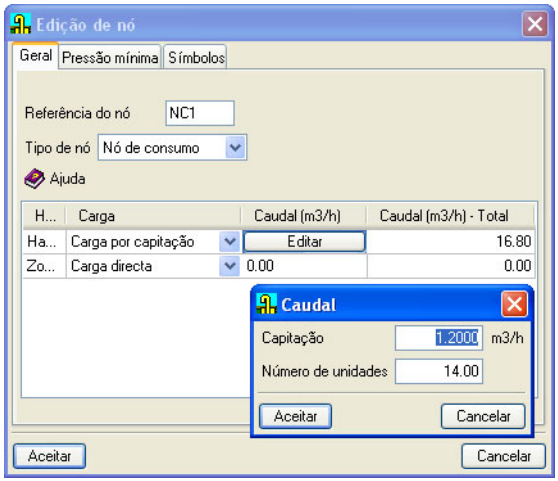


Fig. 3.68

Edite o nó de consumo NC1 e atribua-lhe uma carga **Por Capitação**. Na tabela de cargas prima na coluna **Caudal** sobre **Editar** da hipótese correspondente, neste caso 'Habitações'.

A capitação indica-se em **Dados gerais > Coeficientes** e é de 1.2 m^3/h. O número de unidades é o número de habitações a abastecer por nó; aqui, 14. Por isso, prima **Editar** e introduza os dados seguintes:

Introduza os dados dos restantes nós como se mostra na figura 3.56.

É muito prático introduzir os dados dos nós com o comando **Nós > Atribuir dados de cálculo**.

3.4.6. Edição de tramos

Apesar de neste exemplo se deixarem os dados por defeito, para modificar um tramo utiliza-se a opção **Tramos > Editar dados de cálculo**, se premir sobre o tramo aparece a figura seguinte.

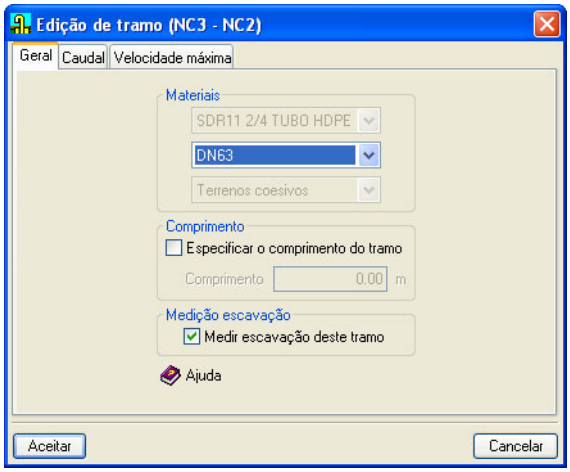


Fig. 3.69

Abre-se uma janela na qual introduzirá os dados particulares desse tramo, de forma que possam ser diferentes dos dados gerais.

Prima sobre o botão de ajuda no ecrã para mais informação.

É muito prático introduzir os dados dos tramos com o comando **Tramos > Atribuir dados de cálculo**.

3.4.7. Cálculo

Para calcular a rede, active o menu **Cálculo > Calcular**. O programa verificará a rede com as dimensões indicadas.

Uma vez realizado, pode acontecer que apareça uma informação na qual se mostram os erros que se produziram durante o cálculo.

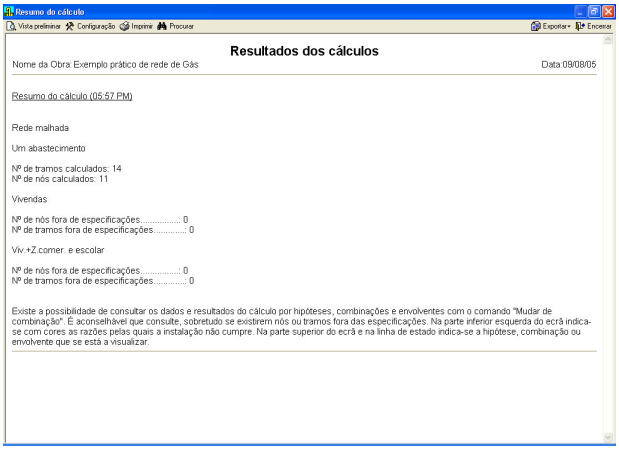

Resumo do cálculo
Resultados dos cálculos
Nome da Obra: Exemplo prático de rede de Gás
Data:09/08/05
Resumo do cálculo (05:57 PM)
Rede malhada
Um abastecimento
Nº de tramos calculados: 14
Nº de nós calculados: 11
Vivendas
Nº de nós fora de especificações.....: 0
Nº de tramos fora de especificações.....: 0
Viv.+Z.comer. e escolar
Nº de nós fora de especificações.....: 0
Nº de tramos fora de especificações.....: 0
Existe a possibilidade de consultar os dados e resultados do cálculo por hipóteses, combinações e envolventes com o comando "Mudar de combinação". É aconselhável que consulte, sobretudo se existirem nós ou tramos fora das especificações. Na parte inferior esquerda do ecrã indica-se com cores as razões pelas quais a instalação não cumpre. Na parte superior do ecrã e na linha de estado indica-se a hipótese, combinação ou envolvente que se está a visualizar.

Fig. 3.70

O cálculo não se detém por nenhum motivo se a resolução da rede for possível.

Depois do cálculo, o programa mostrará a envolvente de máximos. Os nós ou tramos que não cumprirem aparecerão em cor **vermelha**.

Com pode visualizar os dados e resultados das diferentes hipóteses, combinações e envolventes. As envolventes apenas indicam se o tramo cumpre ou não.

Para saber o motivo pelo qual um nó ou um tramo não cumpre, deve activar uma combinação. Verá uma legenda de cores que identifica os nós e tramos com os seus limites.

Na parte inferior pode ver um rótulo que indica o nome da obra e hipóteses, envolvente ou combinação na qual se encontra.

Para consultar os dados resultantes do cálculo de cada nó ou tramo para combinação, prima o botão **Informação** tanto no **menu Nós**, como no **menu Tramos**.

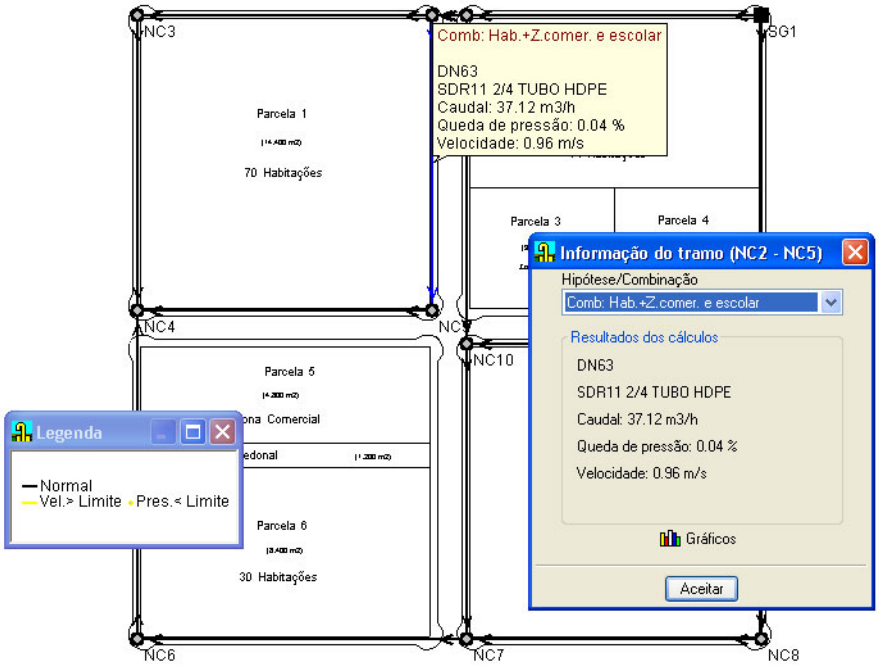


Fig. 3.71

Uma vez verificados todos os resultados do cálculo, tanto para tramos como para nós, terá de realizar as modificações necessárias para ajustar a rede, de forma manual ou de forma automática.

Se, depois do cálculo, existirem tramos ou nós que não cumpram todas as limitações impostas, pode-se recorrer a um pré-dimensionamento óptimo automático. Para mais informação sobre este aspecto consulte a ***Memória de Cálculo*** de ***Gás***.

Prima **Cálculo > Dimensionar**. O programa perguntará se deseja atribuir os resultados do pré-dimensionamento à obra actual. Se premir **Sim**, calcular-se-á a rede com esse dimensionamento.